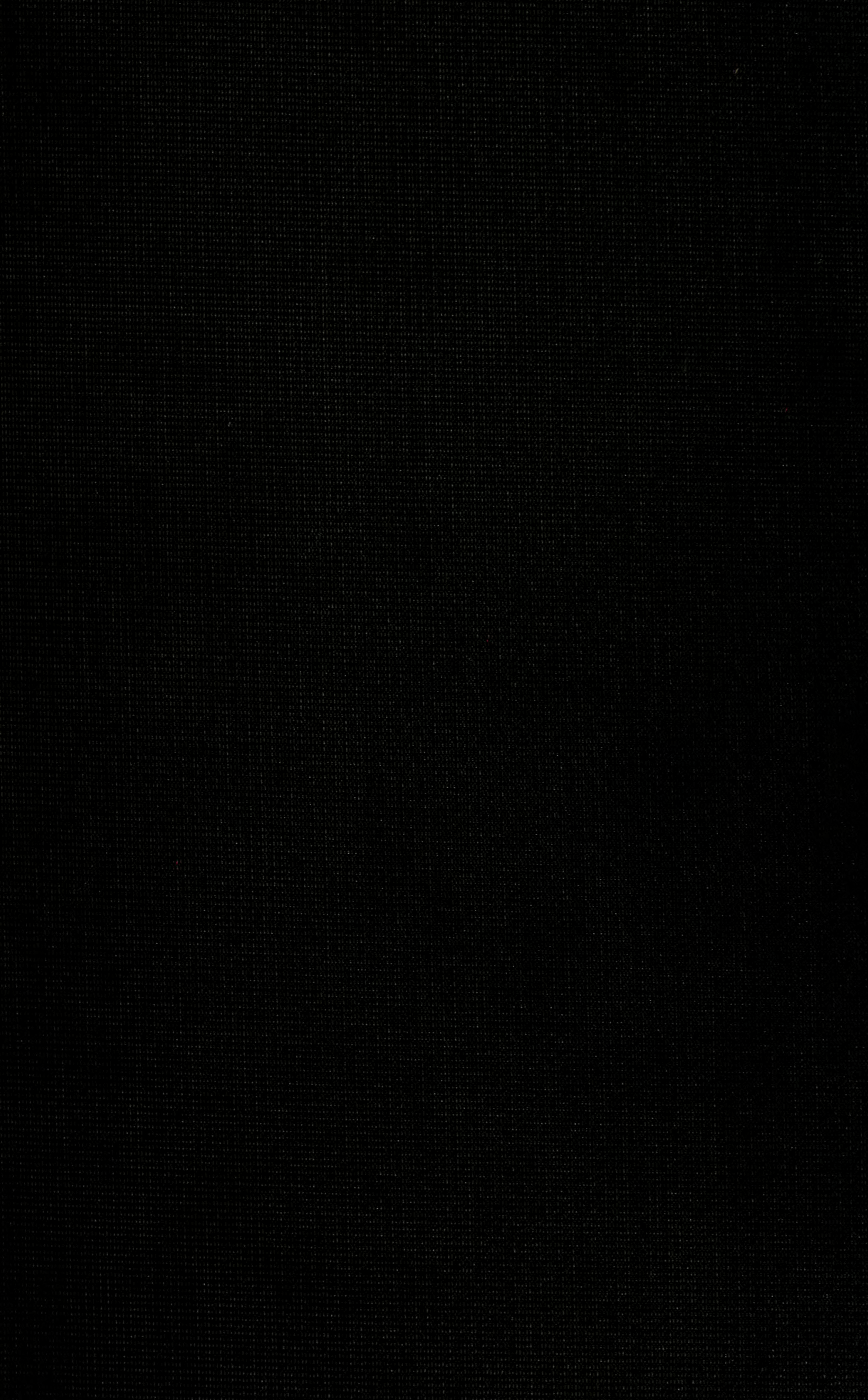
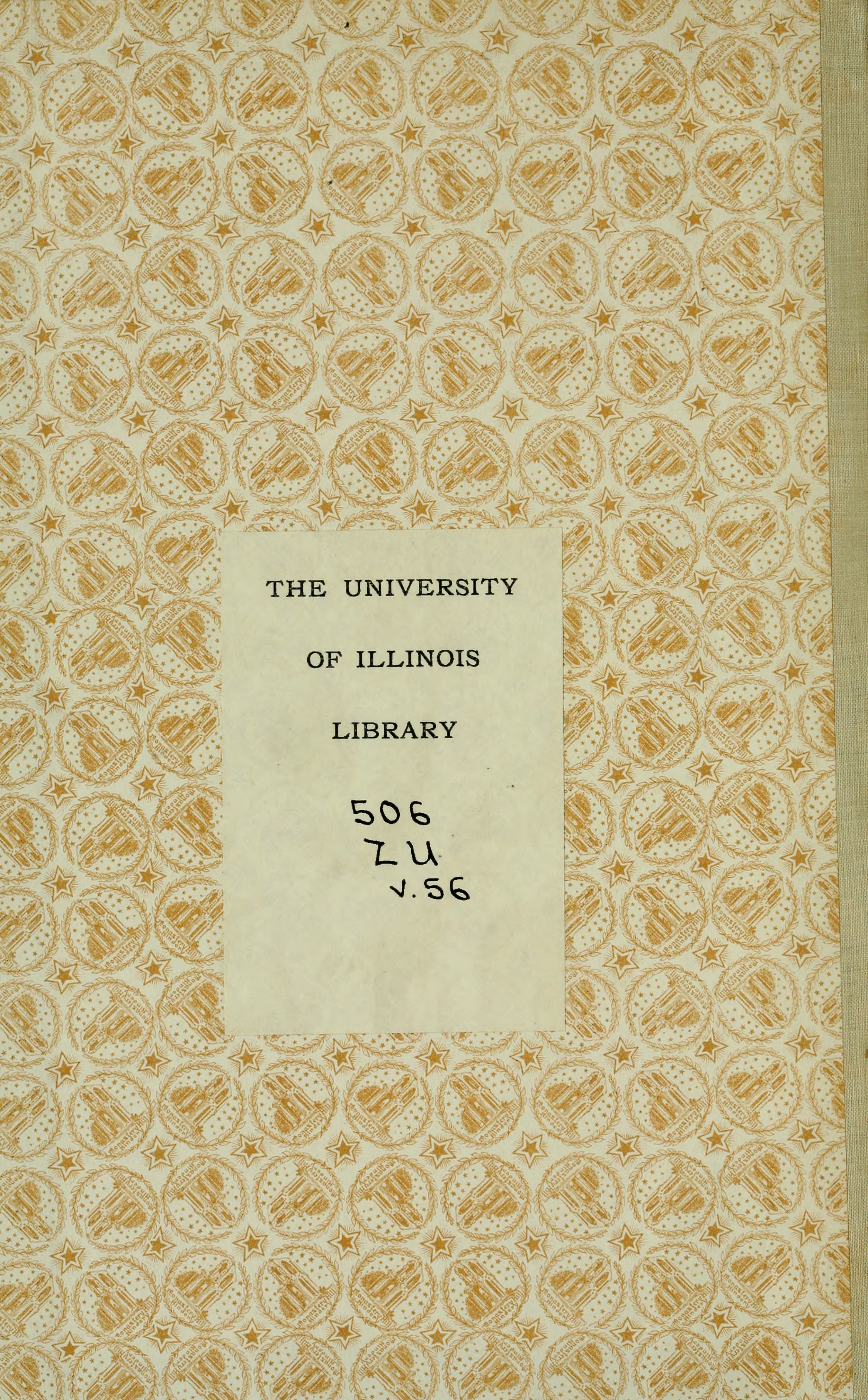
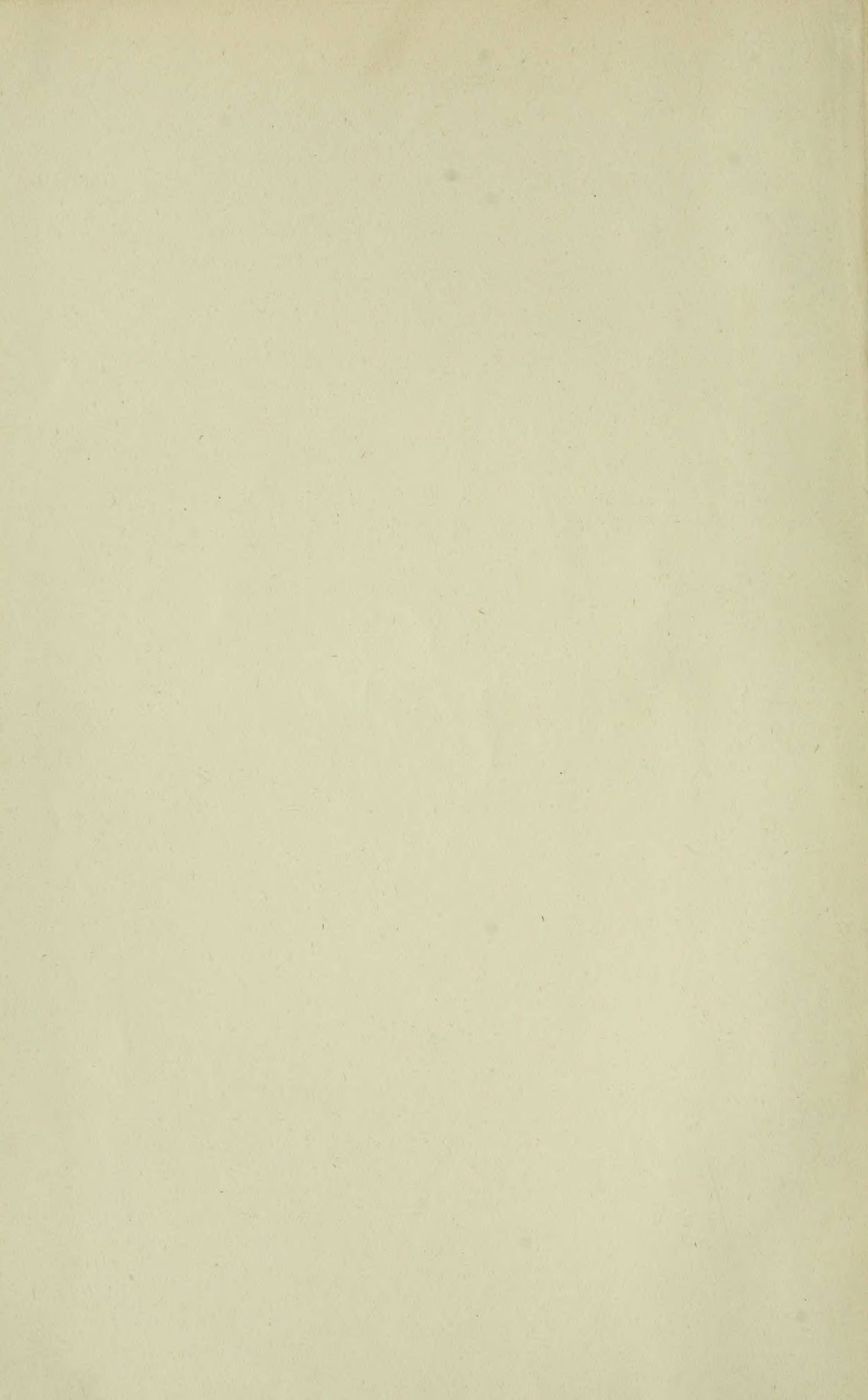
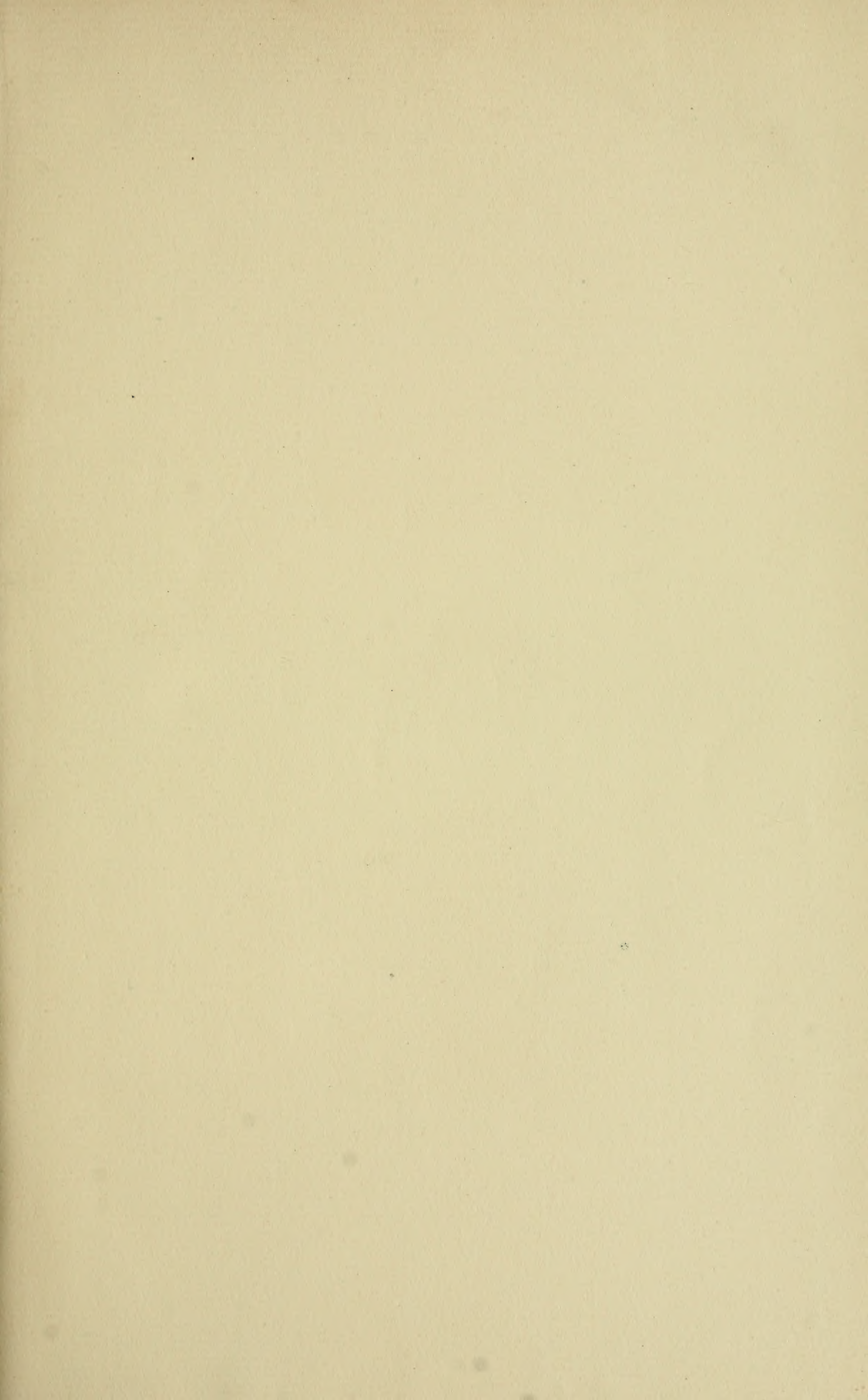


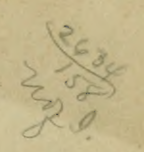












Vierteljahrsschrift

der

Naturforschenden Gesellschaft

in

Zürich.

Unter Mitwirkung der Herren

Prof. Dr. A. HEIM und Prof. Dr. C. SCHRÖTER

herausgegeben

von

Dr. FERDINAND RUDIO,

Professor an der Eidgenössischen Technischen Hochschule.

Sechsundfünfzigster Jahrgang. 1911.

Mit zwei Tafeln.

Zürich,

in Kommission bei **Beer & Co.** in **Zürich**

1912.

Gründungsjahr der Gesellschaft
1746.

Inhalt.

Erster Teil:

Abhandlungen.

Zweiter Teil:

Sitzungsberichte.

Erster Teil

Abhandlungen



Die Relativitäts-Theorie.[1]

Von

A. EINSTEIN in Prag.

Der eine Grundpfeiler, auf dem die als „Relativitätstheorie" bezeichnete Theorie ruht, ist das sog. Relativitätsprinzip. Ich will zuerst deutlich zu machen suchen, was man unter dem Relativitätsprinzip versteht. Wir denken uns zwei Physiker. Diese beiden Physiker sind mit allen erdenklichen physikalischen Apparaten ausgestattet, jeder von ihnen hat ein Laboratorium. Das Laboratorium des einen Physikers denken wir uns angeordnet irgendwo auf dem offenen Felde, das des zweiten in einem Eisenbahnwagen, der mit konstanter Geschwindigkeit in einer bestimmten Richtung dahinfährt. Das Relativitätsprinzip sagt folgendes aus: Wenn diese beiden Physiker, indem sie alle ihre Apparate anwenden, sämtliche Naturgesetze studieren, der eine in seinem ruhenden Laboratorium und der andere in seinem in der Eisenbahn angeordneten, so werden sie, vorausgesetzt, dass die Eisenbahn nicht rüttelt und gleichmässig fährt, genau die gleichen Naturgesetze herausfinden. Etwas abstrakter können wir sagen: die Naturgesetze sind nach dem Relativitätsprinzip unabhängig von der Translationsbewegung des Bezugssystems.

Betrachten wir einmal die Rolle, welche dieses Relativitätsprinzip in der klassischen Mechanik spielt. Die klassische Mechanik ruht in erster Linie auf dem Galileischen Prinzip, wonach ein Körper, welcher der Einwirkung der andern Körper nicht unterliegt, sich in gradliniger, gleichförmiger Bewegung befindet. Wenn dieser Satz gilt in bezug auf das eine der vorhin genannten Laboratorien, so gilt er auch für das zweite. Wir können das unmittelbar aus der An-

---

[1] Vortrag gehalten in der Sitzung der Zürch. Naturforschenden Gesellschaft am 16. Januar 1911.

schauung entnehmen; wir können es aber auch entnehmen aus den Gleichungen der Newtonschen Mechanik, wenn wir eine Transformation der Gleichungen auf ein relativ zum ursprünglichen gleichförmig bewegtes Bezugssystem vornehmen.

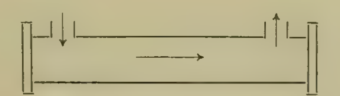
Ich spreche immer von Laboratorien. In der mathematischen Physik pflegt man die Dinge nicht auf ein bestimmtes Laboratorium zu beziehen, sondern auf Koordinatensysteme. Wesentlich bei diesem Auf-etwas-beziehen ist folgendes: Wenn wir irgend etwas über den Ort eines Punktes aussagen, so geben wir immer die Koinzidenz dieses Punktes mit einem Punkt eines gewissen anderen körperlichen Systems an. Wenn ich mich z. B. als diesen materiellen Punkt nehme und sage: ich bin an dieser Stelle in diesem Saale, so habe ich mich in räumlicher Beziehung mit einem gewissen Punkt dieses Saales zur Koinzidenz gebracht, bezw. ich habe diese Koinzidenz ausgesprochen. Das macht man in der mathematischen Physik, indem durch drei Zahlen, die sog. Koordinaten, ausgedrückt wird, mit welchen Punkten desjenigen starren Systems, welches man Koordinatensystem nennt, der Punkt, dessen Ort beschrieben werden soll, koinzidiert.

Das wäre das allgemeinste über das Relativitätsprinzip. Wenn man einen Physiker des 18. Jahrhunderts oder der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts gefragt hätte, ob er an diesem Prinzip irgendwie zweifle, so hätte er diese Frage mit Entschiedenheit verneint. Er hatte keinen Grund, daran zu zweifeln, da man damals die Überzeugung hatte, dass sich jegliches Naturgeschehen auf die Gesetze der klassischen Mechanik zurückführen lasse. Ich will nun auseinandersetzen, wie die Physiker durch die Erfahrung dazu geführt worden sind, physikalische Theorien aufzustellen, welche diesem Prinzip widerstreiten. Dazu müssen wir die Entwicklung der Optik und Elektrodynamik, so wie sie sich in den letzten Jahrzehnten allmählich vollzogen hat, vom Standpunkt des Relativitätsprinzips aus kurz betrachten.

Das Licht zeigt gerade so wie die Schallwellen Interferenz und Beugung, so dass man sich bewogen gefühlt hat, das Licht als eine Wellenbewegung oder allgemein als einen periodisch wechselnden Zustand eines Mediums zu betrachten. Dieses Medium hat man den Äther genannt. Die Existenz eines solchen Mediums erschien bis vor kurzer Zeit den Physikern als absolut gesichert. Die im Folgenden skizzierte Theorie ist mit der Äther-Hypothese nicht vereinbar; vorerst aber wollen wir noch an derselben festhalten. Wir wollen nun sehen, wie sich die Vorstellungen mit Bezug auf dieses Medium entwickelt und was für Fragestellungen die Ein-

führung dieser den Äther voraussetzenden physikalischen Theorie ergeben haben. Wir haben schon gesagt, dass man sich vorstellte, dass das Licht in Schwingungen eines Mediums bestehe, d. h. das Medium übernimmt die Fortpflanzung der Licht- und Wärmeschwingungen. So lange man sich ausschliesslich mit den optischen Erscheinungen ruhender Körper beschäftigte, hatte man keinen Grund, nach anderen Bewegungen dieses Mediums zu fragen als nach denen, welche das Licht ausmachen sollen. Man nahm einfach an, dass dieses Medium, ebenso wie die materiellen Körper, die man betrachtete — abgesehen von den Oszillationsbewegungen, welche das Licht ausmachen sollten —, im Zustand der Ruhe sei.

Als man dazu überging, die optischen Erscheinungen bewegter Körper und zugleich — was damit zusammenhängt — die elektromagnetischen Eigenschaften bewegter Körper zu betrachten, musste man sich die Frage stellen, wie sich der Lichtäther verhält, wenn wir in einem physikalischen System, das unserer Betrachtung unterliegt, den Körpern verschiedene Geschwindigkeiten beilegen. Bewegt sich der Lichtäther mit den Körpern, so dass an jedem Ort der Lichtäther in derselben Weise bewegt ist, wie die dort befindliche Materie, oder ist das nicht der Fall? Die einfachste Annahme ist die, dass sich der Lichtäther überall bewegt, gerade so wie die Materie. Die zweite mögliche Annahme, die auch einen hohen Grad von Einfachheit zeigt, ist die: Der Lichtäther nimmt an den Bewegungen der Materie überhaupt keinen Anteil. Dann wären Zwischenfälle möglich und diese Zwischenfälle wären dadurch charakterisiert, dass sich der Äther bis zu einem gewissen Grad von der Materie unabhängig im Raume bewegt. Wir wollen nun sehen, wie man etwa versucht hat, auf diese Frage eine Antwort zu erhalten. Die erste wichtige Aufklärung, die man erhalten hat, stammt von einem hochbedeutenden Experiment, das der französische Physiker Fizeau ausgeführt hat. Dieses Experiment verdankt seine Aufstellung folgender Fragestellung:



Die obenstehend skizzierte Röhre sei vorn und hinten mit einer Glasplatte verschlossen. An beiden Enden angebrachte Ansatzstutzen ermöglichen es, durch die Röhre in achsialer Richtung eine Flüssigkeit hindurchströmen zu lassen. Wie beeinflusst die Geschwindigkeit, mit welcher die Flüssigkeit die Röhre durchströmt, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit eines Lichtstrahls, welcher die Röhre in achsialer

Richtung durchsetzt? Wenn es wahr ist, dass der Lichtäther sich mit der Materie, die durch die Röhre strömt, bewegt, dann ist folgende Auffassung gegeben. Nehmen wir an, die Lichtfortpflanzung im ruhenden Wasser geschehe mit der Geschwindigkeit V, V sei also die Geschwindigkeit des Lichtes relativ zum Wasser und v sei die Geschwindigkeit des Wassers relativ zur Röhre, so müssen wir sagen: die Geschwindigkeit des Lichtes relativ zum Wasser ist, wenn der Lichtäther am Wasser haftet, unabhängig davon, ob das Wasser bewegt ist oder nicht, stets die gleiche. Also ist zu erwarten, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes ralativ zur Röhre bei bewegter Flüssigkeit um v grösser sei als bei der ruhenden Flüssigkeit. Beim Versuch von Fizeau durchsetzte eines von zwei interferenzfähigen Lichtbündeln die Röhre in der geschilderten Weise. Aus dem Einfluss der bekannten Bewegungsgeschwindigkeit der Flüssigkeit auf die Lage der Interferenzfransen konnte man ausrechnen, einen wie grossen Einfluss auf die Lichtfortpflanzungsgeschwindigkeit relativ zur ruhenden Röhre die Bewegung mit der Geschwindigkeit v, welche das Wasser ausführt, hatte. Fizeau hat nun gefunden, dass die Lichtgeschwindigkeit relativ zur Röhre infolge der Bewegung der Flüssigkeit nicht um die Geschwindigkeit v zunimmt, sondern nur um einen Bruchteil dieses Betrages ($v\left(1 - \frac{1}{n^2}\right)$, wenn n das Brechungsvermögen der Flüssigkeit bedeutet). Ist dieses Brechungsvermögen nahezu $= 1$, d. h. pflanzt sich das Licht in der Flüssigkeit nahezu gleich rasch fort, wie im leeren Raum, so hat die Bewegung der Flüssigkeit so gut wie keinen Einfluss. Daraus musste man folgern, dass die Vorstellung, wonach sich das Licht relativ zum Wasser stets mit derselben Geschwindigkeit V fortpflanzt, mit der Erfahrung nicht vereinbar sei.

Die nächst einfache Hypothese war die, dass der Lichtäther an den Bewegungen der Materie keinen Anteil nehme. Bei Zugrundelegung dieser Hypothese lässt sich nicht in so einfacher Weise ableiten, wie die optischen Erscheinungen durch die Bewegung der Materie beeinflusst werden. Aber H. A. Lorentz ist es Mitte der 90er Jahre gelungen, eine Theorie aufzustellen, welche auf der Voraussetzung eines Lichtäthers beruht, der vollkommen unbeweglich ist. Seine Theorie gibt beinahe alle bekannten Erscheinungen der Optik und Elektrodynamik bewegter Körper, darunter auch den soeben genannten Versuch von Fizeau, vollständig richtig wieder. Ich will gleich bemerken, dass eine prinzipiell von der Lorentzschen verschiedene Theorie, welche auf einfachen und anschaulichen Voraussetzungen beruht und dasselbe leistet, nicht aufgestellt werden konnte. Deshalb musste man bis auf weiteres die Theorie des ruhenden Licht-

äthers als die einzige mit der Gesamtheit der Erfahrungen zu vereinbarende akzeptieren.

Wir betrachten nun diese Theorie des ruhenden Äthers vom Standpunkt des Relativitätsprinzipes. Bezeichnen wir alle Systeme, in bezug auf welche sich materielle Punkte, die äusseren Kräften nicht unterworfen sind, gleichförmig bewegen, als beschleunigungsfrei, so besagt das Relativitätsprinzip: Die Naturgesetze sind die gleichen in bezug auf alle beschleunigungsfreien Systeme. Die Lorentzsche Grundhypothese vom ruhenden Lichtäther zeichnet anderseits unter allen möglichen beschleunigungsfreien Bewegungssystemen solche von bestimmtem Bewegungszustand aus: nämlich Systeme, die sich relativ zu diesem Lichtmedium in Ruhe befinden. Wenn man also nach dieser Auffassung auch nicht sagen kann, es gebe eine absolute Bewegung im philosophischen Sinne — denn das ist überhaupt ausgeschlossen, wir können nur relative Lageänderungen von Körpern denken —, so ist im physikalischen Sinne eine absolute Bewegung insofern statuiert, als wir eben einen Bewegungszustand, nämlich den der Ruhe relativ zum Äther, bevorzugt haben. Wir können jeden Körper als gewissermassen absolut ruhend bezeichnen, der in bezug auf das Lichtmedium ruht. Relativ zum Äther ruhende Bezugssysteme werden vor allen übrigen beschleunigungsfreien Bezugssystemen ausgezeichnet. In diesem Sinne wird die Lorentzsche Grundanschauung vom ruhenden Lichtäther dem Relativitätsprinzip nicht gerecht. Die Grundanschauung vom ruhenden Lichtäther führt zu folgender allgemeiner Betrachtung: Ein Bezugssystem k ruhe relativ zum Lichtäther. Ein anderes Bezugssystem k' sei relativ zum Lichtäther gleichförmig bewegt. Es ist zu erwarten, dass die Relativbewegung von k' in bezug auf den Äther einen Einfluss habe auf die Naturgesetze, welche relativ zu k' gelten. Es war also zu erwarten, dass sich die Naturgesetze in bezug auf k' von denjenigen in bezug auf k wegen der Bewegung von k' im Lichtäther unterscheiden. Man musste sich ferner sagen, dass die Erde mit unseren Laboratorien unmöglich während des ganzen Jahres relativ zu diesem Lichtmedium in Ruhe sein könne, dass sie also die Rolle eines Bezugssystems k' spielen müsse. Man musste also annehmen, dass sich irgend eine Erscheinung finden lasse, wo sich der Einfluss dieser Bewegung auf die Experimente in unseren Laboratorien geltend mache. Man sollte glauben, dass unser physikalischer Raum, so wie wir ihn auf der Erde vorfinden, wegen dieser Relativbewegung sich in verschiedenen Richtungen verschieden verhalte. Aber es ist in keinem einzigen Falle gelungen, etwas derartiges nachzuweisen.

Nun war man diesem Äther gegenüber in einer unangenehmen Lage. Der Fizeausche Versuch sagt: der Äther bewegt sich mit der

Materie nicht, d. h. es existiert eine Bewegung des Lichtmediums relativ zur Materie. Alle Versuche aber, diese Relativbewegung zu konstatieren, lieferten ein negatives Ergebnis. Das sind zwei Resultate, die einander zu widersprechen scheinen und es war ungeheuer schmerzlich für die Physiker, dass man diesen unangenehmen Zwiespalt nicht loswerden konnte. Man musste sich fragen, ob es nicht vielleicht doch möglich sei, das Relativitätsprinzip, von dem man trotz allen Suchens keine Ausnahme finden konnte, mit der Lorentzschen Theorie in Einklang zu bringen. Bevor wir hierauf eingehen, wollen wir aus der Lorentzschen Theorie des ruhenden Lichtäthers für uns folgendes Wesentlichste herausschälen. Was heisst physikalisch: es existiert ein ruhender Lichtäther? Der wichtigste Gehalt dieser Hypothese lässt sich wie folgt ausdrücken: Es gibt ein Bezugssystem (in der Lorentzschen Theorie „relativ zum Äther ruhendes System“ genannt), in bezug auf welches sich jeder Lichtstrahl im Vacuum mit der universellen Geschwindigkeit c fortpflanzt. Dies soll gelten unabhängig davon, ob der das Licht emittierende Körper sich in Ruhe oder in Bewegung befindet. Diese Aussage wollen wir als Prinzip von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit bezeichnen. Die eben gestellte Frage kann also auch so formuliert werden: ist es unmöglich, das Relativitätsprinzip, welches ausnahmslos erfüllt zu sein scheint, in Einklang zu bringen mit diesem Prinzip von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit?

Folgende naheliegende Überlegung spricht zunächst dagegen: Pflanzt sich relativ zum Bezugssystem k jeder Lichtstrahl mit der Geschwindigkeit c fort, so kann dasselbe nicht gelten in bezug auf das Bezugssystem k', wenn k' sich relativ zu k in Bewegung befindet. Bewegt sich nämlich k' in der Fortpflanzungsrichtung eines Lichtstrahls mit der Geschwindigkeit v, so wäre nach den uns geläufigen Anschauungen die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtstrahls relativ zu k' gleich $c - v$ zu setzen. Die Gesetze der Lichtausbreitung in bezug auf k' wären also von den Gesetzen der Lichtausbreitung relativ zu k verschieden, was eine Verletzung des Relativitätsprinzips bedeutete. Das ist ein furchtbares Dilemma. Nun hat sich aber herausgestellt, dass die Natur an diesem Dilemma vollständig unschuldig ist, sondern dass dieses Dilemma daher rührt, dass wir in unseren Überlegungen, also auch in der Überlegung, die ich soeben angab, stillschweigende und willkürliche Voraussetzungen gemacht haben, welche man fallen lassen muss, um zu einer widerspruchsfreien und einfachen Auffassung der Dinge zu gelangen.

Ich will versuchen, diese willkürlichen Voraussetzungen, die der Grundlage unseres physikalischen Denkens anhafteten, auseinander zu setzen. Die erste und wichtigste dieser willkürlichen Voraus-

setzungen betraf den Zeitbegriff und ich will versuchen, darzulegen, worin diese Willkür besteht. Um das gut tun zu können, will ich zuerst über den Raum handeln, um die Zeit in Parallele dazu zu stellen. Wenn wir die Lage eines Punktes im Raume, d. h. Lage eines Punktes relativ zu einem Koordinatensystem k, ausdrücken wollen, so geben wir seine rechtwinkligen Koordinaten x, y, z, an. Die Bedeutung dieser Koordinaten ist folgende: man konstruiere nach bekannten Vorschriften Senkrechte auf die Koordinatenebenen und sehe nach, wie oft sich ein gegebener Einheitsmasstab auf diesen Senkrechten abtragen lässt. Die Resultate dieser Abzählung sind die Koordinaten. Eine Raumangabe in Koordinaten ist also das Ergebnis bestimmter Manipulationen. Die Koordinaten, die ich angebe, haben demnach eine ganz bestimmte physikalische Bedeutung; man kann verifizieren, ob ein bestimmter, gegebener Punkt wirklich die angegebenen Koordinaten hat oder nicht.

Wie steht es in dieser Beziehung mit der Zeit? Da werden wir sehen, dass wir nicht so gut dran sind. Man hat sich bis jetzt immer begnügt zu sagen: die Zeit ist die unabhängige Variable des Geschehens. Auf eine solche Definition kann niemals die Messung des Zeitwertes eines tatsächlich vorliegenden Ereignisses gegründet werden. Wir müssen also versuchen, die Zeit so zu definieren, dass auf Grund dieser Definition Zeitmessungen möglich sind. Wir denken uns im Anfangspunkt eines Koordinatensystems k eine Uhr (etwa eine Unruhuhr). Mit dieser können unmittelbar die in diesem Punkte, bezw. in dessen unmittelbarer Nähe stattfindenden Ereignisse zeitlich gewertet werden. Ereignisse, welche in einem anderen Punkte von k stattfinden, können aber mit der Uhr nicht unmittelbar gewertet werden. Notiert ein bei der Uhr im Anfangspunkt von k stehender Beobachter die Zeit, in der er von dem betreffenden Ereignis durch Lichtstrahlen Kunde erhält, so ist diese Zeit nicht die Zeit des Ereignisses selbst, sondern eine Zeit, die um die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtstrahls vom Ereignis bis zur Uhr grösser ist als die Zeit des Ereignisses. Wenn wir die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes relativ zum System k in der betreffenden Richtung kennen würden, wäre die Zeit des Ereignisses mit der genannten Uhr bestimmbar; aber die Messung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes ist nur dann möglich, wenn das Problem der Zeitbestimmung, mit dem wir uns beschäftigen, bereits gelöst ist. Um nämlich die Geschwindigkeit des Lichtes in einer bestimmten Richtung zu messen, müsste man die Distanz zweier Punkte A und B, zwischen welchen sich ein Lichtstrahl fortpflanzt, ferner die Zeit der Lichtaussendung in A und die Zeit der Lichtankunft in B messen. Es wären also Zeitmessungen

an verschiedenen Orten nötig, was nur dann ausführbar wäre, wenn die von uns gesuchte Zeitdefinition bereits gegeben wäre. Wenn es nun aber ohne willkürliche Festsetzung prinzipiell ausgeschlossen ist, eine Geschwindigkeit, im speziellen die Geschwindigkeit des Lichts, zu messen, so sind wir berechtigt, bezüglich der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes noch willkürliche Festsetzungen zu machen. Wir setzen nun fest, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes im Vacuum auf dem Wege von einem Punkt A nach einem Punkt B gleich gross sei wie die Fortpflanzungsgeschwindigkeit eines Lichtstrahls von B nach A. Vermöge dieser Festsetzung sind wir in der Lage, gleich beschaffene Uhren, die wir relativ zum System k in verschiedenen Punkten ruhend angeordnet haben, wirklich zu richten. Wir werden z. B. die in den beiden Punkten A und B befindlichen Uhren so richten, dass folgendes der Fall ist: Wird in A zur Zeit t (auf der Uhr in A gemessen) ein Lichtstrahl nach B gesandt, der zur Zeit $t + a$ (gemessen an der Uhr in B) in B ankommt, so muss umgekehrt ein zur Zeit t (auf der Uhr in B gemessen) von B gegen A gesandter Lichtstrahl zur Zeit $t + a$ (gemessen an der Uhr in A) in A eintreffen. Das ist die Vorschrift, nach welcher alle Uhren, die im System k verteilt sind, gerichtet werden müssen. Wenn wir diese Vorschrift erfüllt haben, so haben wir eine Zeitbestimmung vom Standpunkt des messenden Physikers erlangt. Die Zeit eines Ereignisses ist nämlich gleich der Angabe derjenigen der nach der soeben angegebenen Vorschrift gerichteten Uhren, welche sich am Ort des Ereignisses befindet.

Nun fragt sich, was wir damit besonders Merkwürdiges erhalten haben, da das alles selbstverständlich klingt. Das Merkwürdige liegt darin, dass diese Vorschrift, um zu Zeitangaben von ganz bestimmtem Sinn zu gelangen, sich auf ein System von Uhren bezieht, welches relativ zu einem ganz bestimmten Koordinatensystem k ruht. Wir haben nicht eine Zeit schlechthin gewonnen, sondern eine Zeit mit Bezug auf das Koordinatensystem k bezw. mit Bezug auf das Koordinatensystem k samt den relativ zu k ruhend angeordneten Uhren. Wir können natürlich genau dieselben Operationen ausführen, wenn wir ein zweites Koordinatensystem k' haben, welches relativ zu k gleichförmig bewegt ist. Wir können relativ zu diesem Koordinatensystem k' ein Uhrensystem über den Raum verteilen, aber so, dass alle mit k' bewegt sind. Dann können wir diese Uhren, die bezüglich k' in Ruhe sind, genau nach der oben angegebenen Vorschrift richten. Wenn wir das tun, so bekommen wir mit Bezug auf das System k' auch eine Zeit.

Nun ist aber a priori gar nicht gesagt, dass, wenn zwei Ereignisse mit Bezug auf das Bezugssystem k — ich meine damit das Koordinatensystem samt den Uhren — gleichzeitig sind, dieselben Ereignisse aufgefasst zum Bezugssystem k' auch gleichzeitig sind. Es ist nicht gesagt, dass die Zeit eine absolute, d. h. eine vom Bewegungszustand des Bezugssystems unabhängige Bedeutung hat. Das ist eine Willkür, welche in unserer Kinematik enthalten war.

Nun kommt ein zweiter Umstand, welcher ebenfalls in der bisherigen Kinematik willkürlich war. Wir sprechen von der Gestalt eines Körpers, z. B. von der Länge eines Stabes und glauben, genau zu wissen, was dessen Länge ist, auch dann, wenn er sich in bezug auf das Bezugssystem, von dem aus wir die Erscheinungen beschreiben, in Bewegung befindet. Aber eine kurze Ueberlegung zeigt, dass das gar keine so einfachen Begriffe sind, wie wir es uns instinktiv vorstellen. Wir haben einen Stab, der in Richtung seiner Achse relativ zu dem Bezugssystem k in Bewegung ist. Wir fragen nun: wie lang ist dieser Stab? Diese Frage kann nur die Bedeutung haben: welche Experimente müssen wir ausführen, um zu erfahren, wie lang der Stab ist. Wir können einen Mann mit einem Masstab nehmen und ihm einen Stoss geben, so dass er dieselbe Geschwindigkeit annimmt wie der Stab; dann ist er relativ zum Stab ruhend und kann die Länge dieses Stabes durch wiederholtes Anlegen seines Massstabes in derselben Weise ermitteln, wie man tatsächlich die Länge ruhender Körper ermittelt. Da bekommt er eine ganz bestimmte Zahl und er kann mit einem gewissen Recht erklären, dass er die Länge dieses Stabes gemessen habe.

Wenn aber lediglich solche Beobachter zur Verfügung stehen, welche nicht mit dem Stab bewegt sind, sondern alle relativ zu einem gewissen Bezugssystem k ruhen, können wir in folgender Weise verfahren: Wir denken uns längs der Bahn, welche der längs seiner Achse bewegte Stab durchläuft, eine sehr grosse Zahl von Uhren verteilt, deren jeder ein Beobachter beigegeben sei. Die Uhren seien nach dem oben angegebenen Verfahren durch Lichtsignale gerichtet worden, derart, dass sie in ihrer Gesamtheit die zu dem Bezugssystem k gehörige Zeit anzeigen. Diese Beobachter ermitteln nun die beiden Orte mit Bezug auf das System k, in denen sich Stabanfang und Stabende zu einer bestimmten gegebenen Zeit t befinden, oder was dasselbe heisst, diejenigen beiden Uhren, bei denen Stabanfang bezw. Stabende passiert, wenn die betreffende Uhr die Zeitangabe t zeigt. Die Distanz der beiden so erhaltenen Orte (bezw. Uhren) voneinander werde mit einem relativ zum Bezugssystem k ruhenden Masstab durch wiederholtes Anlegen auf der Verbindungs-

strecke ermittelt. Die Resultate der beiden angegebenen Verfahren kann man mit gutem Recht als die Länge des bewegten Stabes bezeichnen. Es ist aber zu bemerken, dass diese beiden Manipulationen nicht notwendigerweise zu demselben Resultat führen müssen, oder m. a. W. die geometrischen Masse eines Körpers brauchen nicht von dem Bewegungszustand desjenigen Bezugssystems unabhängig zu sein, mit Bezug auf welches die Masse ermittelt werden.

Wenn wir diese beiden willkürlichen Voraussetzungen nicht machen, so sind wir zunächst nicht mehr imstande, das folgende elementare Problem zu lösen: gegeben sind die Koordinaten x, y, z, und die Zeit t eines Ereignisses mit Bezug auf das System k; wir suchen die Raum-Zeitkoordinaten x', y', z', t' desselben Ereignisses bezogen auf ein anderes System k', welches sich in bekannter, gleichförmiger Translationsbewegung relativ zu k befindet. Es zeigt sich nämlich, dass die bisherige einfache Lösung dieser Aufgabe auf den beiden von uns soeben als willkürlich erkannten Annahmen beruhte.

Wie soll man die Kinematik wieder auf die Beine bringen? Da ergibt sich die Antwort von selbst: gerade die Umstände, die uns vorhin die peinlichen Schwierigkeiten bereitet haben, führen uns auf einen gangbaren Weg, nachdem wir durch die Beseitigung der genannten willkürlichen Annahmen mehr Spielraum erlangt haben. Es zeigt sich nämlich, dass gerade diese beiden scheinbar unvereinbaren Grundsätze, welche die Erfahrung uns aufgedrängt hat, nämlich das Relativitätsprinzip und das Prinzip von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, zu einer ganz bestimmten Lösung des Problems der Raum-Zeit-Transformation führen. Da kommt man zu Resultaten, die unseren gewöhnlichen Vorstellungen zum Teil stark zuwider laufen. Die mathematischen Überlegungen, die dazu führen, sind sehr einfach; es ist nicht der Ort, darauf einzugehen.[1]) Es wird besser sein, wenn ich auf die hauptsächlichsten Konsequenzen eingehe, welche man auf diese Weise durch ganz logisches Vorgehen ohne weitere Voraussetzung erlangt hat.

---

[1]) Sind x, y, z, t bezw. x', y', z', t' Raum- und Zeitkoordinaten mit Bezug auf die beiden Bezugssysteme k und k', so verlangen die beiden zugrunde gelegten Prinzipien, dass die Transformationsgleichungen so beschaffen sein müssen, dass von den beiden Geichungen

$$x^2 + y^2 + z^2 = c^2 t^2 \text{ und}$$
$$x'^2 + y'^2 + z'^2 = c^2 t'^2$$

jede die andere zur Folge hat. Da aus hier nicht zu erörternden Gründen die Substitutionsgleichungen lineare sein müssen, so ist hiedurch das Transformationsgesetz festgelegt, wie eine kurze Untersuchung lehrt (vergl. z. B. Jahrbuch der Radioaktivität und Elektronik IV. 4. S. 418 ff).

Zunächst einmal das rein Kinematische. Da wir Koordinaten und Zeit in bestimmter Weise physikalisch definiert haben, so wird jede Beziehung zwischen räumlichen und zeitlichen Grössen einen ganz bestimmten physikalischen Inhalt haben. Es ergibt sich folgendes: Wenn wir einen festen Körper haben, der in bezug auf das Koordinatensystem k, welches wir der Betrachtung zu Grunde legen, gleichförmig bewegt ist, dann erscheint dieser Körper in seiner Bewegungsrichtung verkürzt in einem ganz bestimmten Verhältnis gegenüber derjenigen Gestalt, welche er in bezug auf dieses System im Zustand der Ruhe besitzt. Wenn wir mit v die Bewegungsgeschwindigkeit des Körpers bezeichnen, mit c die Lichtgeschwindigkeit, so wird jede in der Bewegungsrichtung gemessene Länge, die bei unbewegtem Zustande des Körpers $= l$ ist, infolge der Bewegung mit Bezug auf den nicht mitbewegten Beobachter verringert auf den Betrag

$$l \cdot \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}.$$

Wenn der Körper in ruhendem Zustande kugelförmig ist, dann hat er, wenn wir ihn in einer bestimmten Richtung bewegen, die Gestalt eines abgeplatteten Ellipsoides. Wenn die Geschwindigkeit bis zur Lichtgeschwindigkeit geht, so klappt der Körper zu einer Ebene zusammen. Von einem mitbewegten Beobachter beurteilt, behält der Körper aber nach wie vor seine Kugelgestalt; andererseits erscheinen dem mit dem Körper bewegten Beobachter alle nicht mitbewegten Gegenstände in genau gleicher Weise in der Richtung der Relativbewegung verkürzt. Dieses Resultat büsst von seiner Sonderbarkeit sehr viel ein, wenn man berücksichtigt, dass diese Angabe über die Gestalt bewegter Körper eine recht komplizierte Bedeutung hat, indem ja nach dem Vorigen diese Gestalt nur mit Hilfe von Zeitbestimmungen zu ermitteln ist.

Das Gefühl, dass dieser Begriff „Gestalt des bewegten Körpers“ einen unmittelbar einleuchtenden Inhalt hat, kommt daher, dass wir in der Alltagserfahrung gewohnt sind, lediglich solche Bewegungsgeschwindigkeiten vorzufinden, welche gegenüber der Lichtgeschwindigkeit praktisch unendlich klein sind.

Nun eine zweite rein kinematische Konsequenz der Theorie, die fast noch merkwürdiger berührt. Wir denken uns eine Uhr gegeben, welche die Zeit eines Bezugssystems k anzugeben befähigt ist, falls sie relativ zu k ruhend angeordnet wird. Man kann beweisen, dass dieselbe Uhr, falls sie mit Bezug auf das Bezugssystem k in gleichförmige Bewegung versetzt wird, vom System k aus beurteilt, langsamer läuft, derart, dass wenn die Zeitangabe der Uhr um 1 ge-

wachsen ist, die Uhren des Systems k anzeigen, dass in bezug auf das System k die Zeit

$$\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

verstrichen ist. Die bewegte Uhr läuft also langsamer als dieselbe Uhr, wenn sie sich in bezug auf k im Zustande der Ruhe befindet. Man muss sich die Ganggeschwindigkeit der Uhr in bewegtem Zustand dadurch ermittelt denken, dass man die Zeigerstellung dieser Uhr jeweilen verglichen denkt mit den Zeigerstellungen derjenigen relativ zu k ruhenden Uhren, die mit Bezug auf k die Zeit messen und an denen sich die betrachtete bewegte Uhr gerade vorbeibewegt. Wenn es uns gelänge, die Uhr mit Lichtgeschwindigkeit zu bewegen — angenähert mit Lichtgeschwindigkeit könnten wir sie bewegen, wenn wir genügend Kraft hätten — so würden die Zeiger der Uhr von k aus beurteilt, unendlich langsam vorrücken.

Am drolligsten wird die Sache, wenn man sich folgendes ausgeführt denkt: man gibt dieser Uhr eine sehr grosse Geschwindigkeit (nahezu gleich c) und lässt sie in gleichförmiger Bewegung weiterfliegen und gibt die dann, nachdem sie eine grosse Strecke durchflogen hat, einen Impuls in entgegengesetzter Richtung, so dass sie wieder an die Ursprungsstelle, von der sie abgeschleudert worden ist, zurückkommt. Es stellt sich dann heraus, dass sich die Zeigerstellung dieser Uhr, während ihrer ganzen Reise, fast nicht geändert hat, während eine unterdessen am Orte des Abschleuderns in ruhendem Zustand verbliebene Uhr von genau gleicher Beschaffenheit ihre Zeigerstellung sehr wesentlich geändert hat. Man muss hinzufügen, dass das, was für diese Uhr gilt, welche wir als einen einfachen Repräsentanten alles physikalischen Geschehens eingeführt haben, auch gilt für ein in sich abgeschlossenes physikalisches System irgendwelcher anderer Beschaffenheit. Wenn wir z. B. einen lebenden Organismus in eine Schachtel hineinbrächten und ihn dieselbe Hin- und Herbewegung ausführen liessen wie vorher die Uhr, so könnte man es erreichen, dass dieser Organismus nach einem beliebig langen Fluge beliebig wenig geändert wieder an seinen ursprünglichen Ort zurückkehrt, während ganz entsprechend beschaffene Organismen, welche an den ursprünglichen Orten ruhend geblieben sind, bereits längst neuen Generationen Platz gemacht haben. Für den bewegten Organismus war die lange Zeit der Reise nur ein Augenblick, falls die Bewegung annähernd mit Lichtgeschwindigkeit erfolgte! Dies ist eine unabweisbare Konsequenz der von uns zugrunde gelegten Prinzipien, die die Erfahrung uns aufdrängt.

Nun noch ein Wort über die Bedeutung der Relativitätstheorie für die Physik. Diese Theorie verlangt, dass der mathematische Ausdruck eines für beliebige Geschwindigkeiten gültigen Naturgesetzes seine Form nicht ändert, wenn man vermittelst der Transformationsgleichungen in die die Gesetze ausdrückenden Formeln neue Raum-Zeitkoordinaten einführt. Es wird dadurch die Mannigfaltigkeit der Möglichkeiten erheblich eingeschränkt. Es gelingt, durch eine einfache Transformation die Gesetze für beliebig rasch bewegte Körper abzuleiten aus denjenigen Gesetzen, welche für ruhende, bezw. langsam bewegte Körper bereits bekannt sind. So kann man z. B. die Bewegungsgesetze für rasche Kathodenstrahlen ableiten. Es hat sich dabei ergeben, dass die Newtonschen Gleichungen nicht für beliebig rasch bewegte materielle Punkte gelten, sondern dass sie ersetzt werden müssen durch Bewegungsgleichungen von etwas komplizierterem Bau. Es hat sich gezeigt, dass diese Gesetze der Ablenkbarkeit der Kathodenstrahlen in ganz befriedigender Weise mit der Erfahrung übereinstimmen.

Von den physikalisch wichtigen Folgerungen der Relativitätstheorie muss die folgende erwähnt werden. Wir haben vorhin gesehen, dass eine bewegte Uhr nach der Relativitätstheorie langsamer läuft als dieselbe Uhr im ruhenden Zustande. Wohl dürfte es für immer ausgeschlossen bleiben, dass wir dieses durch Experimente mit einer Taschenuhr verifizieren werden, weil die Geschwindigkeiten, die wir einer solchen mitteilen können, gegen die Lichtgeschwindigkeit verschwindend klein sind. Aber die Natur bietet uns Objekte dar, welche durchaus den Charakter von Uhren haben und ausserordentlich rasch bewegt werden können. Es sind dies die Spektrallinien aussendenden Atome, denen wir mittelst des elektrischen Feldes Geschwindigkeiten von mehreren tausend Kilometern mitteilen können (Kanalstrahlen). Es ist nach der Theorie zu erwarten, dass die Schwingungsfrequenzen dieser Atome durch deren Bewegung in genau derjenigen Weise beeinflusst erscheinen, wie dies für die bewegten Uhren abzuleiten ist. Wenn die betreffenden Experimente auch grossen Schwierigkeiten begegnen, so dürfen wir doch hoffen, auf diesem Wege in den nächsten Jahrzehnten eine wichtige Bestätigung oder die Widerlegung der Relativitätstheorie zu erlangen.

Die Theorie führt ferner zu dem wichtigen Resultat, dass die träge Masse eines Körpers von dessen Energieinhalt abhängig ist, allerdings in sehr geringem Masse, so dass es ganz aussichtslos ist, die Sache direkt nachzuweisen. Nimmt die Energie eines Körpers um E zu, so nimmt die träge Masse um $\frac{E}{c^2}$ zu. Durch diesen Satz

wird der Satz von der Erhaltung der Masse umgestossen, bezw. mit dem Satz von der Erhaltung der Energie zu einem einzigen verschmolzen. So merkwürdig dieses Resultat klingen mag, so kann man doch auch ohne Relativitätstheorie in einigen speziellen Fällen aus erfahrungsmässig bekannten Tatsachen mit Sicherheit schliessen, dass die träge Masse mit dem Energieinhalt zunimmt.

Nun noch ein Wort über die hochinteressante mathematische Fortbildung, welche die Theorie hauptsächlich durch den leider so früh verstorbenen Mathematiker Minkowski erfahren hat. Die Transformationsgleichungen der Relativitätstheorie sind derart beschaffen, dass sie den Ausdruck

$$x^2 + y^2 + z^2 - c^2 t^2$$

als Invariante besitzen. Führt man statt der Zeit t die imaginäre Variable $c\, t \cdot \sqrt{-1} = \tau$ statt der Zeit als Zeitvariable ein, so nimmt diese Invariante die Form an

$$x^2 + y^2 + z^2 + \tau^2.$$

Hiebei spielen die räumlichen Koordinaten und die Zeitkoordinaten dieselbe Rolle. Die weitere Verfolgung dieser formalen Gleichwertigkeit von Raum- und Zeitkoordinaten in der Relativitätstheorie hat zu einer sehr übersichtlichen Darstellung dieser Theorie geführt, welche deren Anwendung wesentlich erleichtert. Das physikalische Geschehen wird dargestellt in einem 4-dimensionalen Raum und die raum-zeitlichen Beziehungen der Ergebnisse erscheinen als geometrische Sätze in diesem 4-dimensionalen Raum.

Bestimmung des Wärmeausdehnungskoeffizienten der spezifischen Wärme und der Schmelzwärme des Rubidiums und der spezifischen Wärme des Cadmiums.[1]

Von

Elsa Deuss.

Einleitung.

Im Jahre 1879 stellte R. Pictet[2]) das Gesetz auf, dass der Wärmeausdehnungskoeffizient der Elemente ihrer Dichte direkt, ihrem Atomgewicht und ihrer Schmelztemperatur umgekehrt proportional ist. Von den Gliedern der Alkaligruppe sind diese physikalischen Grössen für Li, Na, Ka und Cs bereits bestimmt worden. Es war nun von Interesse, zu ermitteln, ob sich das Rb. mit seinen Eigenschaften ebenfalls dem Pictetschen Gesetz unterordnen lässt. Ausser Bunsen[3]), der das Rb. 1860 auf spektralanalytischem Wege entdeckte und dann im selben Jahre seine Dichte (1,522 bei 15° C.) und seine Schmelztemperatur (38,5° C.) bestimmte, haben sich in späterer Zeit nur zwei Experimentatoren mit diesem Metall beschäftigt. Erdmann und Köthner[4]) untersuchten mit grosser Sorgfalt ebenfalls seine Dichte und Schmelztemperatur; ihre Resultate stehen in völliger Übereinstimmung mit den Bunsenschen. Im Jahre 1900 erschien eine Arbeit von M. Eckardt[5]) über den Volumensprung des Rb. bei der Schmelztemperatur, welche er bei 37,8° C. fand. Hiermit ist die über das Rb. bestehende Literatur schon erschöpft; kalorimetrische Untersuchungen dieses Metalles existieren bis jetzt noch keine. Ich stellte mir die Aufgabe, den Wärmeausdehnungskoeffi-

---

[1]) Die vorliegende Arbeit lag druckfertig als Promotionsschrift vor, als die Verfasserin einem tragischen Schicksal erlag; sie starb am 30. Januar 1911. Die Untersuchung bildet ein schönes Denkmal des arbeitsfreudigen Sinnes, der Gewissenhaftigkeit und des wissenschaftlichen Interesses der Verstorbenen. A. Kleiner.

[2]) C. R. 1879 T. 88, p. 855. Die Gültigkeit dieses Gesetzes ist etwa von der Art derjenigen des Dulong-Petitschen Gesetzes.

[3]) Liebigs Annalen, Bd. 125, p. 368.

[4]) Liebigs Annalen, Bd. 294, p. 55.

[5]) Annalen der Physik, Bd. I, p. 790.

zienten und die spezifische Wärme dieses Metalles zu ermitteln und verband hiermit wegen der soeben erwähnten Diskrepanz der Schmelztemperatur eine Revision des Schmelzpunktes. Die Anregung zu dieser Arbeit verdanke ich meinem hochverehrten Lehrer, Hrn. Prof. Dr. A. Kleiner.

I. Der thermische Ausdehnungskoeffizient des Rubidiums.

Der Weg, den ich bei der Untersuchung des Rb. einzuschlagen hatte, war mir zum Teil durch die chemischen Eigenschaften des Elementes gegeben, vor allem durch die ausserordentlich ausgeprägte Neigung des Metalles zur Oxydation und zwar nicht nur im Wasser, sondern schon in Luft, welche das Arbeiten mit diesem Körper wesentlich erschwert. Die Ermittlung des linearen Ausdehnungskoeffizienten war infolge dieser Eigenschaft von vornherein unmöglich. Von den beiden Methoden, der Dilatometer- und der hydrostatischen Methode, mittelst welcher der kubische Ausdehnungskoeffizient bestimmt wird, wählte ich die erste, als die für meinen Zweck geeignetere. Vor allen Dingen hatte ich das Rb. vor Sauerstoff aufs Peinlichste zu schützen. Um es von seiner ursprünglichen Glashülle, in die es vom Lieferanten eingeschmolzen war, zu befreien, musste es aus derselben herausgeschnitten und direkt in das Dilatometer gebracht werden, während sich alles, auch das Dilatometer unter Paraffinöl befand. Meine Aufgabe bestand nun darin, den Ausdehnungskoeffizienten des in Paraffinöl befindlichen Rb. zu bestimmen. Um dies zu ermöglichen, musste ich in erster Linie denjenigen des Öls kennen. Bekanntlich kann bei dem von mir angewandten Verfahren der wahre Ausdehnungskoeffizient einer Flüssigkeit nicht direkt ermittelt werden; vielmehr haben wir für ihn die Beziehung:

$$\alpha = \beta + \gamma, \tag{1}$$

worin α den wahren, β den scheinbaren Ausdehnungskoeffizienten der Füllflüssigkeit, γ den Glasausdehnungskoeffizienten bedeuten. Zunächst hatte ich also die Glasausdehnung zu bestimmen.

Das mir zur Verfügung stehende Dilatometer war ein, mit Stopfen oben verschliessbares Glasgefäss mit daran angesetzter, nach oben umgebogener Kapillare[1]). Diese Kapillare war in 35 Centimeter-Skalenteile eingeteilt, diese wieder in Millimeter, so dass die Hundertstelskalenteile noch ziemlich genau geschätzt werden konnten. Vor dem Gebrauch hatte ich das Volumen der einzelnen Dilatometerteile durch Auswägen mit gut ausgekochtem Quecksilber bestimmt. Die Be-

[1]) Vide Dissertation von August Thum, 1906, pag. 65.

stimmung der Glasausdehnung erfolgte, indem ich das Dilatometer bei einer bestimmten Temperatur bis zu einem bestimmten Skalenteil mit Hg angefüllt, in einem Wasserbad erhitzte und die Niveauänderung des Hg-Fadens bei der neu erreichten Temperatur feststellte. Die Temperaturen wurden an einem Hg-Thermometer bestimmt, das die zehntel Grade genau abzulesen, die hundertstel Grade noch zu schätzen gestattete. Mittelst eines Rührers sorgte ich dafür, dass Thermometer- und Dilatometergefäss, die sich dicht neben einander befanden, von Wasser gleicher Temperatur umgeben waren. Die Berechnung ergab sich nach folgender Formel:

$$V_{t_1}\left(1+\alpha\,(t_2-t_1)\right)=\left(V_{t_1}+\varDelta V\right)\left(1+\gamma\,(t_2-t_1)\right). \tag{2}$$

Dabei bedeutet:

V_{t_1} das Volumen des Hg bei der Temperatur t_1.
α den wahren Ausdehnungskoeffizienten des Hg.
t_2-t_1 die Temperaturdifferenz des Erhitzungsintervalls.
$\varDelta V$ die scheinbare Volumenzunahme des Hg im Erhitzungsintervall.
γ den wahren Glasausdehnungskoeffizienten.

Die numerische Berechnung ergab sich aus dem Mittel zweier Versuche zwischen 0°—20,11° und 0°—40,83° C.; die hierfür notwendigen Daten waren:

Bei	0°	zeigte	der	Hg-Meniskus	auf	10,70
„	20,11°	„	„	„	„	14,95
„	40,83°	„	„	„	„	19,37.

α setzte ich nach Wüllner 0,00018140 [1]) von 0°—20°, 0,00018166 von 0°—40°. Das Volumen eines Centimeter-Skalenteils hatte ich zu 0,0106 cm³, das Volumen des Dilatometers bis zum Nullpunkt der Teilung zu 14,393 cm³ bei zirka 18° C. bestimmt. Ich fand für γ 0,00002656.

Zur Bestimmung des wahren Ausdehnungskoeffizienten des Paraffinöls ging ich aus von der Gleichung:

$$\left(V_{t_1}+\varDelta V\right)\left(1+\gamma\,(t_2-t_1)\right)=V_{t_1}\left(1+\alpha\,(t_2-t_1)\right). \tag{3}$$

Hier haben die Grössen dieselbe Bedeutung, wie in Gleichung (2), nur bezieht sich α in diesem Falle auf Paraffinöl als Füllflüssigkeit Auch Vorgehen, Einrichtung und Berechnung waren bei dieser Untersuchung genau dieselben wie oben. Für den Ausdehnungskoeffizienten des Öls erhielt ich 0,000761.

[1]) Winkelmann: Handbuch der Physik, pag. 88, 1906.

Zur Bestimmung des Ausdehnungskoeffizienten des in Öl befindlichen Rb. wurde das Dilatometer, welches das Rb. samt der Flüssigkeit enthielt, in einem Paraffinölbad einer Temperaturänderung ausgesetzt. Bei der Berechnung des wahren Ausdehnungskoeffizienten des Rb. hielt ich mich an die Formel:

$$(4)\quad \left(V_{t_1}+\Delta V\right)\left(1+\gamma(t_2-t_1)\right)=V_{t_1 Rb}\left(1+\alpha(t_2-t_1)\right)+V_{t_1 P}\left(1+\alpha_P(t_2-t_1)\right),$$

wobei bedeuten:

V_{t_1} das Volumen von Rb. + Öl bei der Temperatur t_1.
ΔV die scheinbare Volumenzunahme des Rb. + Öl im Erhitzungsintervall.
γ den Glasausdehnungskoeffizienten.
$V_{t_1 Rb}$ das Volumen des Rb. bei der Temperatur t_1.
α den wahren Ausdehnungskoeffizienten des Rb.
$V_{t_1 P}$ das Volumen des Paraffinöls bei der Temperatur t_1.
α_P den wahren Ausdehnungskoeffizienten des Öls.

Die Grössen V_{t_1}, ΔV, t_2 und t_1 wurden an Dilatometer und Thermometer direkt abgelesen; α_P und γ hatte ich schon bestimmt.

Um nun $V_{t_1 Rb}$ und damit die Masse des in Paraffinöl befindlichen Rb's, deren Kenntnis mir auch für meine späteren kalorimetrischen Untersuchungen notwendig war, zu erhalten, ging ich auf folgende Weise vor: Ich wog einmal das Dilatometer bis zu einem bestimmten Teilstrich mit Öl (P), ein zweites Mal bei derselben Temperatur bis zum selben Teilstrich mit Rb. + Öl (P') gefüllt. Es bestehen dann im vorliegenden Fall die Beziehungen:

$$(5)\qquad V_{t_1 Rb}+V_{t_1 P}=V_{t_1},$$

$$(6)\qquad V_{t_1 Rb}=\frac{P'-P}{d_{t Rb}-d_{t P}}.$$

In Gleichung (6) bedeuten:

P' das Gewicht von Öl + Rb.
P „ „ „ „ allein.
d_{Rb} die Dichte des Rb. bei t° C.
d_P „ „ „ Öls „ „ „

P und P' hatte ich durch Wägung zu 12,862 gr resp. 17,292 gr gefunden. Die Dichte des Öls bestimmte ich nach der Auftriebsmethode, wobei die hierbei nötigen Reduktionen auf den leeren Raum und auf Wasser von 4° C. angebracht wurden. Ich fand sie zu 0,878 bei 18° C., während A. Thum[1]) hierfür 0,875 fand. Die Dichte

[1]) Inaugural-Dissertation, 1906, Zürich.

des Rb. wurde von Bunsen zu 1,522 bei 15° C. gefunden. Durch Einsetzung des Ausdehnungskoeffizienten des Rb., dessen ungefähren Wert ich vorläufig aus den Angaben der Arbeit von Eckardt zu 0,0002837 berechnet hatte, fand ich die Dichte des Rb. bei 17,5° C. zu 1,521 nach der Gleichung:

$$d_{t\,Rb} = \frac{d_{0\,Rb}}{1 + \alpha\,(t_2 - t_1)}.$$

Dabei ist die Annahme gemacht, dass es sich in allen Fällen um chemisch reines Rb. handelt.

Somit waren mir alle Grössen für (6) gegeben; für $V_{t_1\,Rb}$ erhielt ich 6,930 cm³. Dabei hatte ich allerdings den Wert der Dichte des Öls bei 18° C. eingesetzt, doch liegt der Fehler unterhalb der Beobachtungsfehlergrenze. $V_{t_1\,Rb} \cdot d_{t_1\,Rb}$ ergibt für die Masse des Rb's den Wert 10,480 gr, welche Grösse ich bei meinen späteren kalorimetrischen Untersuchungen verwandte. Aus Gleichung (5) erhielt ich $V_{t_1\,P}$, womit mir alle notwendigen Grössen zur Berechnung von α nach Gleichung (4) gegeben waren. Die numerische Berechnung geschah beispielsweise nach folgenden Angaben:

Bei 1,62° zeigt der Meniskus des Öls auf 3,40
„ 17,5° „ „ „ „ „ „ 14,30.

$$V_{t_1} = 14{,}545; \quad V_{t_1\,Rb} = 6{,}930; \quad V_P = 7{,}615; \quad \Delta V = -0{,}11554;$$
$$t_1 = 17{,}5°: \quad t_2 = 1{,}62; \quad t_2 - t_1 = -15{,}88; \quad \alpha = 0{,}000270.$$

Als Mittelwert aus vier Versuchen, deren Resultate die maximale Differenz von 4 % zeigten, fand ich für den Ausdehnungskoeffizienten des Rb. 0,0002686. Dieses Ergebnis stimmt angenähert überein mit demjenigen, das ich für die Reduktion der Dichte von 15° auf 17,5° vorläufig aus der schon erwähnten Arbeit von Eckardt über die Bestimmung des Volumensprungs bei der Schmelztemperatur zu 0,0002837 berechnete; doch ist hierbei die Glasausdehnung nicht berücksichtigt.

Mit dem von mir ermittelten Wert des Ausdehnungskoeffizienten steht das Rb. in der Reihe der Alkalimetalle zwischen Ka und Cs, also an dem Platze, der den im Eingang erwähnten Beziehungen entspricht.

Im Folgenden stelle ich die für die Glieder der Alkaligruppe bekannten Grössen: absolute Schmelztemperatur T, Ausdehnungskoeffizient α, spez. Gewicht s und Atomgewicht a zusammen:

	α	a	s	T
Li	0,0001801	7,03	0,59	180 + 273 = 453
Na	0,0002163	23,05	0,9735	97,6 + 273 = 370,6
K	0,0002498	39,15	0,875	62,8 + 273 = 335,8
Rb	0,0002686	85,4	1,522	38,5 + 273 = 311,5
Cs	0,0003948	133,0	2,4	26,5 + 273 = 299,5

Die Form, in die R. Pictet sein Gesetz fasste, ist: $\frac{\frac{T \cdot \alpha}{s}}{\sqrt[3]{\frac{s}{a}}} = c$, wobei er für die Konstante c den Wert 3,5 erhielt. Berechnet man diese Konstante mittelst den in obiger Tabelle angegebenen Grössen, so erhält man folgende Reihe:

c für Li = 4,015
c „ Na = 4,959
c „ K = 6,416
c „ Rb = 6,901
c „ Cs = 9,712

aus welcher sich die Gesetzmässigkeit ergibt, dass der Pictetsche Quotient für die Alkaligruppe mit zunehmendem Atomgewicht zunimmt, also keineswegs eine Konstante ist.

H. F. Wiebe[1]) weist darauf hin, dass in den natürlichen Gruppen oft die Werte des Quotienten $\frac{\alpha \cdot a}{s}$, d. i. Ausdehnungskoeffizient mal Atomvolumen nahezu einfache Verhältnisse zeigen. Das ist auch für die Alkaligruppe der Fall: Es verhält sich $\frac{\alpha a}{s}$ für Li : Na : K : Rb : Cs wie 1 : 3 : 5 : 7 : 10 (9).

II. Bestimmung der spezifischen Wärme und der Schmelzwärme des Rubidiums.

Die ausserordentlich leichte Oxydierbarkeit des Rubidiums lässt es begreiflich erscheinen, dass über spezifische Wärme und Schmelzwärme dieses Elementes bisher keine Angaben vorliegen. Die Stellung, welche dem Körper im periodischen System zukommt (5tes Maximum des Atomvolumens), liess es aber wünschenswert erscheinen, diese Grössen zu ermitteln, um die bekannten Gesetze betreffend spezifische Wärme und Schmelzwärme auf ihre Anwendbarkeit auch auf das Rb. zu prüfen und dies war für mich der Grund, diese etwas schwierigen und weitläufigen Messungen durchzuführen.

Versuchsmethode.

Für alle auszuführenden kalorimetrischen Messungen kam die Mischungsmethode in Anwendung, wobei mir Paraffinöl als Kalorimeterflüssigkeit dienen musste. Das Temperaturintervall meiner Untersuchung musste eingeschränkt bleiben zwischen 20°—50°, was durch die Eigenschaften des Paraffinöls bedingt ist, in welchem die Substanz stets verbleiben musste.

---

[1]) Bericht der chem. Gesellschaft, Band 11, pg. 610, 1878.

Um Schmelzwärmen zu messen, wird man im allgemeinen von folgender Gleichung ausgehen müssen:

$$(1)\qquad M \cdot c_e (T - T_0) + M \cdot \varrho + M c_f (T_0 - \tau) = \Sigma w (\tau - t_1).$$

In dieser Gleichung bedeutet:

M die Masse des Körpers.
c_e „ spezifische Wärme des liquiden Körpers.
T „ Erhitzungstemperatur.
T_0 „ Schmelztemperatur (für Rb. 38,5°).
ϱ „ Schmelzwärme.
c_f „ spezifische Wärme des festen Körpers.
τ „ korrigierte Mischungstemperatur im Kalorimeter.
Σw „ Summe der Wasserwerte des Kalorimeters.
t_1' „ Anfangstemperatur im Kalorimeter.

Die linke Seite der Gleichung (1) gibt erstens die von dem flüssigen Körper bis zur Schmelztemperatur, zweitens die während des Erstarrens und zuletzt die vom Schmelzpunkt bis zur Mischungstemperatur von der Substanz abgegebene Wärmemenge, deren Summe ja gleich der vom Kalorimeter aufgenommenen sein muss. Gleichung (1) nach ϱ aufgelöst, gibt dann die Schmelzwärme.

Unbekannte Grössen in der Gleichung sind aber auch c_e und c_f und im Wasserwert des Kalorimeters auf der rechten Seite der Gleichung steckt als weitere zu bestimmende Grösse die spezifische Wärme des Paraffinöls, welches als Kalorimeterflüssigkeit verwendet werden musste; dies erforderte des Weiteren die Bestimmung der spezifischen Wärme eines Silberstücks in dem verwendeten Temperaturintervall. Da das untersuchte Rubidium beständig in einem Gefäss mit Öl verbleiben musste, so war endlich noch durch besondere Versuche die spezifische Wärme des Gefässmaterials — es war Glas — zu ermitteln. Es waren also durch Versuche zu messen:

1. Die spezifische Wärme des Öls für verschiedene Temperaturen.
2. „ „ „ „ Silbers „ „ „
3. „ „ „ „ Glases „ „ „

Dann erst konnte an die Versuche mit dem Rubidium gegangen werden.

1. Untersuchung des Öls.

Die Bestimmung der spezifischen Wärme dieses Öles ist erschwert einmal durch seine geringe Wärmeleitungsfähigkeit, sodann durch seine grosse Zähigkeit; bei —17° ist es fest, bei 15° noch dickflüssig, erst von 30° ab leichtflüssig. Diese beiden Eigenschaften erschweren eine rasche Ausgleichung der Temperaturen im Kalorimeter,

und es wurde daher, um diesem Umstand Rechnung zu tragen, folgendes Verfahren eingeschlagen: Das zur Aufnahme des Öls verwendete Kalorimetergefäss war ein zirka 2 cm weites Rohr aus dünnwandigem Kupferblech mit seitlicher Erweiterung für das Thermometer. In dasselbe wurde ein Silberzylinder von bekannter Masse und Temperatur eingesenkt und unter ausgiebigem Rühren die Mischungstemperatur ermittelt; dabei diente der Vergleichskörper aus Silber selbst als Rührer, indem sein Durchmesser um weniges geringer war, als derjenige des Kalorimeters; durch ein aufgesetztes Blechscheibchen, das den Rand des Kalorimeterrohres fast berührte, konnte der Effekt des Rührens noch weiter verstärkt werden. Bei den tieferen Temperaturen musste die durch die Reibung erzeugte Wärme durch besondere Versuche bestimmt und in Rechnung gezogen werden; bei Temperaturen in der Nähe von 30° konnte von der Berücksichtigung dieser Korrektion Umgang genommen werden.

Zur Bestimmung der spezifischen Wärme des Öls zwischen 15° bis 20° wurde der Silberzylinder in doppelwandigem Wasserdampf-Heizapparat auf die momentane Siedetemperatur des Wasserdampfs erhitzt und sodann in das Kalorimeter von bekannter Anfangstemperatur eingebracht, und darauf die Mischungstemperatur und die zur Ermittlung der Strahlungs-Korrektion nötigen Abkühlungstemperaturen abgelesen.

Für die Bestimmung der spezifischen Wärme zwischen 25°—30° wurde das Kalorimeter im Luftbad auf die Anfangstemperatur von 30° gebracht und das mit Eis auf 0° abgekühlte Silber eingeworfen, wobei wieder die nötigen Temperatur- und Massenbestimmungen auszuführen waren.

2. Untersuchung des Silbers.

Bei den soeben beschriebenen Bestimmungen hatte ich einstweilen für das Ag den von Bunsen gefundenen Wert der spezifischen Wärme 0,0559 eingesetzt. Da nun in der Literatur mehrere von einander abweichende Angaben (Pionchon fand 0,0581, Naccari 0,0556, Byström 0,0573 bei 50° C.) bestehen, sah ich mich veranlasst, das Ag bei den für mich in Betracht kommenden Temperaturen ebenfalls auf diese Grösse hin zu untersuchen.

Spezifische Wärme des Silbers zwischen 100—20° C. Der Silber-Zylinder, der mir bei obigen Versuchen als Vergleichskörper diente, wurde im Wasserdampf erhitzt und in ein Wasserkalorimeter gebracht. Bei der Berechnung setzte ich als Einheit die spezifische Wärme des Wassers bei 15° C.

Spezifische Wärme des Silbers zwischen +20° u. —20° C. Bei diesen Versuchen wurde das Silber auf —20° abgekühlt. Diese

Temperatur wurde mit fein geschabtem Eis und Kochsalz hergestellt. Ich nahm dabei auf drei Gewichtsteile Schnee einen Gewichtsteil Salz, wobei die Temperatur beliebig lang konstant gehalten werden konnte. Um das Innere der Röhre, welche das Silber aufnahm, vollkommen frei von Wasserdampf zu halten, steckte ich durch den untern Pfropfen eine Kapillare, die sich nach oben in ein becherartiges Gefäss erweiterte. Dieses füllte ich dann mit $Ca\,Cl_2$ als Trockenmittel. Ein ebensolches Gefäss durchsetzte den oberen Kork. Durch die Kapillare desselben führte ich einen Draht, der unten zu einem Haken leicht umgebogen war, an dem der Ag-Zylinder angehängt wurde. Erteilte man dem Draht einen seitlichen Ruck, so glitt das Ag an dem Haken herunter und fiel in das untergestellte Kalorimeter. Um jeden Luftzutritt zur Röhre von oben zu verhindern, goss ich etwas Quecksilber in die oben befindliche, becherförmige Erweiterung der Kapillare. Ferner musste ich darauf achten, dass sich während des Transportes durch die Luft kein Eisbeschlag auf dem Ag niedersetzte, da dieser dem Kalorimeter Wärme entzogen hätte, die Resultate also zu gross ausgefallen wären. Diese Fehlerquelle vermied ich dadurch, dass ich für den Versuch das Kalorimeter dicht unter die Öffnung des Apparates brachte; das brachte freilich mit sich, dass beim Einwerfen des Körpers das Kalorimeterthermometer für einen kurzen Moment entfernt werden musste, was Anlass zum Anbringen einer kleinen Korrektion gab; dieselbe ist in der Tabelle mit k angegeben.

3. Untersuchung des Glases.

Zur Bestimmung der spezifischen Wärme des Glases wurden zirka 8 gr Glassplitter in einem Metallkörbchen in das Wasserkalorimeter gebracht nach Herstellung einer Anfangstemperatur einmal von zirka 100° durch Heizen im Wasserdampf und ferner einer Anfangstemperatur von zirka 140° in erhitztem Ölbad; es konnte so die Abhängigkeit der spezifischen Wärme des verwendeten Glases von der Temperatur mit genügender Genauigkeit festgelegt werden.

4. Untersuchung des Rb.

Während aller Untersuchungen, die ich mit dem Rb. ausführte, befand sich dasselbe ganz in einer schützenden Schicht Paraffinöl. Bei den Versuchen für die Messung der spezifischen Wärme des Rb. zwischen 15—35° war das Metall mit einer geringen Menge Öl aus dem Dilatometer, das ich zur Volumenbestimmung des Rb. gebraucht hatte, in eine Cu-Kapsel gebracht und eingelötet worden. Ein Al-Stiel war an dem vorstehenden Rande des Deckels befestigt. Die Erhitzungstemperatur 35° C. wurde in einem grossen Cu-Gefäss von

30 cm Höhe und 18 cm Durchmesser, das mit Paraffinöl gefüllt war, genügend lange Zeit konstant gehalten.

Bei den Versuchen mit der Anfangstemperatur 41° u. 51° C. (über der Schmelztemperatur) platzte die Kapsel, in die das Rb. eingelötet war, und es drang etwas von dem Metall heraus; es musste das Metall umgegossen, gereinigt und von neuem im Dilatometer nach dem oben angegebenen Verfahren seine Masse bestimmt werden. In der Folge wurde davon abgesehen, das Metall in eine Kupferkapsel einzuschliessen, auch u. a. aus dem Grunde, weil beim Erhitzen über den Schmelzpunkt in geschlossener Kapsel infolge der starken Ausdehnung des Öls und daheriger Drucksteigerung in der Kapsel Schmelztemperatur und Schmelzwärme geändert worden wären. Das Rubidium wurde, nachdem einmal seine Masse bestimmt war, in ein offenes, dünnwandiges, ebenfalls gewogenes Glasgefäss mit etwas Paraffinöl gebracht und bei jedem Versuch das Gesamtgewicht bestimmt; variabel war also dabei nur das bei den Versuchen im Glasgefäss mitgenommene Ölgewicht. Um ein Zerspringen des Glasgefässes beim Schmelzen des Rubidiums zu vermeiden, wurde darauf geachtet, die Erwärmung und damit das Schmelzen von oben beginnen zu lassen.

Über die, bei diesen kalorimetrischen Messungen verwendeten Instrumente sei Folgendes erwähnt:

Die Thermometer.

Alle Temperaturen wurden mit Hg-Thermometern bestimmt. Für die Anfangstemperaturen des Versuchskörpers wurden folgende Thermometer benutzt: Für die Temperaturen 35°, 41° und 51° ein bis 52° zeigendes Baudin-Thermometer, das seit dem Jahre 1886 im Gebrauch steht; sein Eispunkt zeigte sich nach meiner eigenen Aichung fix. Für die Versuche bei 41° und 51° musste ich eine Korrektur wegen des herausragenden Hg-Fadens anbringen, die ich nach der im Beischein angegebenen Formel ausführte. Es war in zehntel Grade eingeteilt, die hundertstel Grade liessen sich ziemlich genau schätzen. Für 140° stand mir ein bis 300° gehendes Thermometer zur Verfügung, das nur ganze Grade zeigte. Zur Messung von — 20° verwendete ich ein Toluol-Thermometer, das ganze Grade zeigte. Die zehntel Grade konnten noch genau geschätzt werden und Nullpunkt und Nullmarke stimmten miteinander überein. Zur Messung der Kalorimetertemperatur diente ein äusserst feines Hg-Thermometer von Baudin. Das Kapillarrohr hatte einen Durchmesser von 3 mm. Das Gefäss war zylindrisch und sehr dünnwandig. Die Skala reichte von 0 bis 31° C. Zwischen 0° und 10° C. war eine Erweiterung der Kapillare angebracht, wodurch es bedeutend verkürzt und eine

Korrektion für den herausragenden Hg-Faden vermieden wurde. Es war in zehntel Grade geteilt; die hundertstel Grade konnten mit genügender Genauigkeit abgelesen werden. Das Thermometer zeigte eine gegebene Temperatur schon nach 5 Sekunden an. Sein Nullpunkt erwies sich im Laufe meiner Untersuchungen als nicht konstant. Er sank um 0,09° C. Zur Messung der Aussentemperatur verwendete ich ein weniger feines Thermometer, das nur in fünftel Grade eingeteilt war und bis 40° zeigte.

Das Kalorimeter.

Am zweckmässigsten ist es, bei den Versuchen im Kalorimeter eine Temperaturdifferenz von nicht unter 5° und nicht über 10° herzustellen. Bei kleineren Temperaturdifferenzen wird deren Messung zu unsicher, bei grossen machen sich die unsicheren Korrektionen wegen des herausragenden Hg-Fadens des Thermometers und der Strahlungswärme zu stark geltend.

Ich musste zwei Kalorimeter von verschiedenen Volumina verwenden: dasjenige bei den Versuchen bei 35—20° für Rb. und bei 30—25° für das Öl war von bedeutend kleinerem Durchmesser, als dasjenige für die übrigen Versuche, da ich mit dem grösseren Kalorimeter keine genügende Temperatursteigerung erreicht hätte. Sie waren aus dünnem Kupferblech verfertigt und zylindrisch geformt. Eine seitliche Ausbuchtung mit zwei kleinen Ösen nahm das Thermometer auf. Auf diese Weise konnte der erhitzte Körper während des Rührens nicht an das Thermometer gelangen, was natürlich unrichtige Temperaturangaben zur Folge gehabt hätte. Der Wasserwert des Kalorimeters wurde bestimmt als die Summe der Wasserwerte aus verwendetem Kupfer und Lötzinn.

5. Ausführung der Versuche und ihre Berechnung.

Für die spezifische Wärme eines Körpers, der seinen Agregatzustand nicht ändert, besteht die Beziehung:

$$(c \cdot m + \Sigma k)(\tau - t) = (C \cdot M + \Sigma w)(T - \tau). \tag{2}$$

Hierin bedeutet: M die Masse des erhitzten Körpers (Silber, Glas oder Rb.), C die mittlere spezifische Wärme desselben zwischen t° und τ°, c die mittlere spezifische Wärme der Mischungsflüssigkeit zwischen t und τ°, Σk den Wasserwert des Kalorimeters und seiner Bestandteile; derselbe besteht aus dem des Kupfers und Zinns des Kalorimeters und dem des Öls und des Thermometers. Letzteren bestimmte ich nach der Formel $0{,}46 \cdot v$, wo v das Volumen des gebrauchten Teils des Thermometers bedeutet; v wird aus der Zunahme

des Gewichtes eines Gläschens mit Wasser bestimmt, welches so auf eine Wagschale gesetzt wird, dass sich der gebrauchte Teil des Thermometers im Wasser befindet; m bedeutet das Gewicht der Flüssigkeit im Kalorimeter, das zweckmässig nach dem Versuch bestimmt wird, um einen etwaigen Fehler infolge Ausspritzens der Flüssigkeit beim Fallen des Körpers zu vermeiden.

T ist die Erhitzungstemperatur des Versuchskörpers,

Σw der Wasserwert der Kapsel, des Öls und event. des Rührdrahtes, wo dieser nicht infolge zu geringen Wasserwertes vernachlässigt werden kann,

t die Anfangstemperatur im Calorimeter. Ich fand sie durch Beobachtung des Ganges des Thermometers eine Zeitlang vor dem Eintauchen des Körpers. Es ist t gleich $t_n + v$, wenn sich die Temperatur pro Ablesungsintervall um v Grad ändert, wo v der Mittelwert der einzelnen Ablesungen ist. t_n ist die letzte Ablesung vor dem Eintauchen.

Hatte ich t festgestellt, so wurde der Rührer beiseite gelegt, die erhitzte Substanz aus möglichst geringer Entfernung rasch durch die Luft ins Kalorimeter gebracht und nun mit dem an dem Körper angebrachten Draht weiter gerührt. Die Ablesungen am Kalorimeter-Thermometer wurden alle 15 Sekunden gemacht.

τ ist die korrigierte Mischungstemperatur; diese bedurfte zweier Korrekturen. Erstens strahlt das Kalorimeter während des Versuches nach aussen Wärme aus, die für die Mischung verloren geht. Im allgemeinen suchte ich durch Anwendung des Rumfordschen Kunstgriffes die Strahlungskorrektur möglichst klein zu halten. Ihre Berechnung geschah nach der im Lehrbuch der Physik von Chwolson Bd. III, p. 202 angegebenen Methode. Ich begnüge mich damit, hier nur die Schlussformel anzugeben:

$$\Delta \tau = \left(\frac{\Theta_0 + \Theta_1}{2} - \tau_1 + \frac{\Theta_1 + \Theta_2}{2} - \tau_2 + \cdots \frac{\Theta_{n-1} + \Theta_n}{2} - \tau_n\right) \frac{\eta}{\vartheta - \tau}.$$

Hier bedeuten: $\frac{\Theta_0 + \Theta_1}{2} - \tau_1$, $\frac{\Theta_1 + \Theta_2}{2} - \tau_2$ den mittleren „Temperaturüberschuss“ der Aussentemperatur über die Temperatur des Kalorimeters für die einzelnen Ablesungs-Intervalle in der ersten Periode; $\frac{\eta}{\vartheta - \tau}$ die Erniedrigung der Kalorimeter-Temperatur in der zweiten Periode für einen „Temperaturüberschuss“ von 1° pro Ablesungsintervall. Die zweite Korrektur bestand darin, dass ich die Reibungswärme, die ich infolge des Rührens dem Öle zuführte, wieder zu subtrahieren hatte. Bei der experimentellen Bestimmung dieser Reibungswärme ging ich folgendermassen vor: Ich liess das Kalori-

meter mit dem Körper und der beim Versuch gebrauchten Ölmasse viele Stunden ruhig im Wärmemantel stehen und wartete einen Zeitpunkt ab, bei dem die Zimmertemperatur mit der vom Kalorimeter angegebenen Temperatur möglichst genau übereinstimmte. Dann rührte ich mit der beim Versuch angewandten Rührgeschwindigkeit solange, wie der Versuch bis zur Erreichung der Mischungstemperatur gedauert hatte. Ich erhielt dann beispielsweise folgende Ablesungsreihe:

18,74
18,78
78
78
79
79
79
79
80
80
80
80
81
81
81

Der erste rasche Temperaturanstieg ist darauf zurückzuführen, dass die Teilchen einer Flüssigkeit sich bei völliger Ruhe derselben so anordnen, dass sich die spezifischen leichteren, d. h. die wärmeren an der obersten Schicht ansammeln. Durch Reibung sind also nur 18,81 — 18,78° = 0,03° C. erzeugt, die ich von der Mischungstemperatur zu subtrahieren hatte.

Die spezifische Wärme des flüssigen Rb. berechnete ich auf folgende Weise: Die Wärmemenge, die das Metall abgibt von T_1 resp. T_2 bis τ, wenn T_1 und T_2 grösser als die Schmelztemperatur T_0, ist:

$$(3)\quad M \cdot C_e (T_1 - T_0) + M \cdot \varrho + M \cdot c_f (T_0 - \tau) + \Sigma k \, (T_1 - \tau) = \Sigma w \, (\tau - t)$$

$$(4)\quad M \cdot C_e (T_2 - T_0) + M \cdot \varrho + M \cdot c_f (T_0 - \tau) + \Sigma k' \, (T_2 - \tau) = \Sigma w' \, (\tau - t').$$

Der Sinn der einzelnen Buchstaben ergibt sich aus Gleichung (1). Durch Subtraktion der Gleichung (4) von (3) erhielt ich:

$$M \cdot c_e (T_1 - T_2) + \Sigma k (T_1 - \tau) - \Sigma k' (T_2 - \tau) = \Sigma w \, (\tau - t) - \Sigma w' \, (\tau - t').$$

Wie ersichtlich, ergibt sich so die spezifische Wärme des flüssigen Metalls sowohl unabhängig von der Schmelzwärme, als auch von der spezifischen Wärme des festen Metalles. Zur numerischen Berechnung verwendete ich die Tabellen VIII und IX, indem ich die Wärmemengen von Tabelle IX so verschob, dass die Mischungstemperatur mit derjenigen von VIII zusammenfiel. Die spezifische Wärme des flüssigen Metalls ergab sich zu 0,1240. Die Schmelzwärme kann man nach Gleichung (3) aus den Angaben der Tabellen VIII oder IX finden. Ich verwendete zu ihrer Berechnung die Versuchsreihe IX, da hier T der Schmelztemperatur näher liegt, als bei VIII und somit der Einfluss der spezifischen Wärme des flüssigen Metalles auf die Schmelzwärme ein geringerer ist, als bei VIII. Für ϱ fand ich im Mittel aus vier Versuchen 6,1 gr. cal.

Um eine Kontrolle über die Übereinstimmung der einzelnen Versuche innerhalb einer Gruppe zu haben, setzte ich zunächst in den Tabellen VIII und IX $c_e = c_f$ und berechnete dann die Schmelzwärme ϱ. Da diese so berechneten Schmelzwärmen nicht den endgültig gefundenen Wert angeben, setzte ich sie in den Tabellen in Klammern.

Versuchsreihe der spezifischen Wärme des Paraffinöls zwischen 15 und 22° C. und zwischen 25 und 30° C.

	M	C	Σw	T	τ	t	r	s	m	c
I	59,193	0,05640	1,626	98,57	21,95	15,25	0,63 %	1,20 %	78,955	0,4630
	"	"	"	"	21,53	14,76	0,65 "	1,12 "	79,054	0,4600
	"	"	"	"	21,90	15,16	0,64 "	1,20 "	78,971	0,4603
	"	"	"	"	21,91	15,21	0,63 "	1,0 "	79,343	0,4610
										0,4610
II	59,193	0,05590	0,906	0	26,0	30,94		2,23 %	33,338	0,4952
	"	"	"	"	25,57	30,43		4,7 "	33,312	0,4954
	"	"	"	"	25,50	30,30		6,6 "	33,585	0,4964
	"	"	"	"	23,91	28,64		6,03 "	32,095	0,4921
	"	"	"	"	25,52	30,30		3,12 "	33,569	0,4959
										0,4950

Versuchsreihe für die spezifische Wärme des Silbers zwischen 100 und 20° C. und zwischen +20 und —20° C.

	$c \cdot m$	T	τ	t	$T-\tau$	$t-\tau$	Σw	s	M	C'	C
III	35,106	98,50	24,80	18,01	73,70	6,79	1,092	0,3 %	59,193		0,05634
	35,478	98,27	24,52	17,78	73,75	6,74	"	0,8 "	"		0,05646
	35,545	98,27	24,57	17,84	73,70	6,73	"	0,25 "	"		0,05651
											0,05644
IV	34,314	-21,0	19,27	23,09	-40,27	-3,82	1,092	0,29 %	59,193	0,317	0,05600
	33,849	-20,8	19,25	23,08	-40,05	-3,83	"	0,52 "	"	0,556	0,05584
	34,199	-20,8	19,19	22,98	-39,99	-3,79	"	0,27 "	"	0,553	0,05589
											0,05591

Versuchsreihe für die spezifische Wärme des Glases zwischen 100 und 20° C. und zwischen 150 und 20° C.

	Σw	Σk	$c \cdot m$	T	τ	t	$T-\tau$	$\tau-t$	s	M	C_τ^T
V	0,972	0,245	33,171	98,30	20,84	16,64	77,46	4,20	1,52 %	8,026	0,2001
	"	"	33,150	97,78	20,71	16,55	77,07	4,16	1,20 "	"	0,1990
	"	"	33,075	98,88	21,43	17,25	77,45	4,18	0,48 "	"	0,1996
	"	"	33,102	98,88	21,31	17,14	77,57	4,17	0,49 "	"	0.1989
											0,1994
VI	1,129	0,246	45,593	150	18,56	13,13	131,44	5,43	0,56 %	8,023	0,2099
	"	0,245	46,608	"	18,40	13,13	131,60	5,27	0,08 "	"	0,2079
	"	"	46,745	"	18,53	13,25	131,47	5,28	0,57 "	"	0,2091
	"	"	46,452	"	18,73	13,35	131,27	5,38	0,56 "	"	0,2123
	"	"	46,641	"	18,71	13,40	131,29	5,31	0,56 "	"	0,2113
	"	"	46,561	"	18,51	13,30	131,49	5,21	0,56 "	"	0,2115
											0,2102

Versuchsreihe für die spezifische Wärme des Rb. zwischen 20—35° C.

	Σw	Σk	τ	t	T	$\tau - t$	r	s	$c \cdot m$	M	C
VII	1,059	1,1896	19,98	17,73	34,38	2,25	2,09 %	9,62 %	11,943	10,480	0,07993
	„	„	19,95	17,71	34,41	2,24	2,04 „	9,80 „	11,993	„	0,07945
	„	„	19,85	17,60	34,38	2,25	2,42 „	7,77 „	11,957	„	0,07881
	„	„	19,83	17,54	34,38	2,29	2,00 „	8,34 „	11,729	„	0,07854
	„	„	19,88	17,63	34,38	2,25	2,04 „	9,81 „	11,963	„	0,07928
	„	„	19,89	17,61	34,38	2,28	2,36 „	7,55 „	11,793	„	0,07942
											0,07923

Versuchsreihe für Rb. zwischen 41,5—18,5° C. und zwischen 51,56—20,5° C.

	Σw	Σk	τ	t	$\tau - t$	T	r	s	$c \cdot m$	M	Schmelzwärme
VIII	1,183	0,8894	18,40	13,18	5,22	41,52	0,39	0,39 %	17,962	9,845	[6,211]
	„	„	18,60	13,37	5,23	„	0,39	0,19 „	17,952	„	[6,259]
	„	„	18,68	13,41	5,27	„	0,39	0,20 „	17,605	„	[6,184]
	„	„	18,74	13,54	5,20	„	0,39	1,76 „	17,899	„	[6,197]
	„	„	18,65	13,39	5,26	„	0,39	0,98 „	17,856	„	[6,293]
	„	„	18,52	13,29	5,23	„	0,38	0,98 „	17,902	„	[6,219]
IX	1,212	0,904	20,73	15,41	5,32	51,56	0,37 %	0,60 %	20,688	9,845	[6,501]
	„	„	20,65	15,31	5,34	„	0,38 „	0,57 „	20,607	„	[6,542]
	„	„	20,64	15,31	5,33	„	0,39 „	0,08 „	20,763	„	[6,608]
	„	„	21,04	15,71	5,33	„	0,39 „	0,75 „	20,644	„	[6,611]
	„	„	20,57	15,21	5,36	„	0,39 „	0,19 „	20,652	„	[6,566]

Für die Revision des Schmelzpunktes wäre es das Einfachste gewesen, an einem auf Temperatur geaichten Galvanometer mittelst Thermoelement die Temperatur zu bestimmen, bei welcher unter kontinuierlicher Wärmezuführung keine Temperatursteigerung der Metallmasse hervorgerufen wird, ehe diese nicht völlig flüssig geworden ist. Doch hätte ich dabei riskiert, dass das Glasgefäss infolge des Erhitzens von unten bei der starken Volumenvergrösserung beim Schmelzpunkt zerbrochen und ein Teil des Rb. verloren gegangen wäre. Ich ging deshalb auf folgende Weise vor: Ich brachte das schon in flüssigem Zustand befindliche Rb. in ein zweites weiteres Glasrohr und hielt dann die Temperatur eine Stunde auf 38,5° konstant, wobei ich mich an den offen stehenden glänzenden Rissen, die die Aussenfläche des Rb. überzogen und durch teilweises Einstecken des Thermometers in die Metallmasse von dem flüssigen Zustand derselben überzeugte. Sodann hielt ich die Temperatur eine Stunde auf 38,4° C. konstant und fand, dass bei dieser Temperatur das Metall äusserst weich, nicht aber flüssig war. Die genannten Temperaturen sind an einem in

fünftel Grade geteilten Hg-Thermometer, dessen Gefäss sich ganz in der das Metall bedeckenden Ölschicht befand, abgelesen und mit einem hundertgradigen Thermometer verglichen. Die so zu 38,5° C. bestimmte Schmelztemperatur, die in Übereinstimmung mit der von Bunsen und von Erdmann und Köthner gefundenen steht, verwandte ich bei meinen Rechnungen.

Schlussfolgerung.

Im Jahre 1818 stellten Dulong und Petit ihr Gesetz der Atomwärmen auf, wonach dieselben für alle Elemente gleich 6,4 sein sollen. Seither haben Erfahrung und Überlegung daran gearbeitet, die Unzulänglichkeit desselben nachzuweisen. Die Arbeiten von Regnault[1]), Weber[2]), Pionchon[3]), Violle[4]) u. v. a. zeigten, dass ein so einfacher Zusammenhang zwischen Atomgewicht und spezifischer Wärme nicht bestehen kann, dass also das Gesetz einer Erweiterung bedürfe. Das Dulong-Petit-Gesetz, wie wir es heute kennen, lässt sich ungefähr folgendermassen formulieren: Für jedes Element existiert ein Temperaturintervall, innerhalb dessen seine Atomwärme angenähert den Wert 6,4 annimmt. Doch bleibt dennoch die Tatsache, von welcher Dulong-Petit bei der Aufstellung ihres Gesetzes ausgingen, bestehen, nämlich die Tatsache, dass auffallend viele Elemente gerade bei gewöhnlicher Temperatur, d. h. zwischen 0 und 100° für das Produkt aus spez. Wärme und Atomgewicht ungefähr diese Konstante aufweisen. Seit den 70er Jahren beschäftigten sich unter vielen anderen Boltzmann[5]) und F. Richarz[6]) mit der theoretischen Begründung des Dulong-Petit-Gesetzes. Auf Grund ganz allgemeiner Annahmen über die Art der Atombewegung hat F. Richarz das Atomwärmegesetz und die Abweichungen interpretiert. Nach dieser Richarzschen Theorie müssen die Elemente mit kleinem Atomgewicht oder kleinem Atomvolumen, namentlich aber solche, bei denen beides zusammenfällt, erhebliche Abweichungen vom Dulong-Petit-Gesetz aufweisen, die spez. Wärme muss um so abhängiger von der Temperatur sein, je kleiner das Atomgewicht ist. Die Erfahrung hat diese Theorie aufs Schönste bestätigt, wobei ich ausser auf die schon erwähnten Elemente B, Be, C und Si auch auf die Alkalimetalle hinweisen möchte. Bei den drei ersten Gliedern dieser Gruppe Li, Na und K

[1]) Annales chim. et phys., Bd. 73, pag. 35; Bd. 26, pag. 268.
[2]) Poggendorfs Annalen, Bd. 154, pag. 367 im Jahre 1875.
[3]) C. R. Bd. 115, pag. 162.
[4]) C. R. Bd. 85, pag. 543; Bd. 87, pag. 981; Bd. 89, pag. 702.
[5]) Sitzungsbericht der k. Akademie d. Wissenschaft zu Wien, Bd. 63, p. 731. 1871.
[6]) Wiedemann Annalen, Bd. 48, pag. 708. 1893.

ist von A. Thum und Bernini eine mit der Temperatur stark veränderliche spezifische Wärme nachgewiesen worden. Aus der Richarzschen Theorie ergibt sich ferner, dass Elemente mit grossem Atomvolumen dem Dulong-Petit-Gesetz folgen. Mit dem von mir gefundenen Wert für die spez. Wärme 0,07923 bei 27°, dem eine Atomwärme 6,7 entspricht, bestätigt das Rb., das ja das grösste Atomvolumen aller bis jetzt entdeckten Elemente zeigt, aufs Schönste die Richarzsche Theorie.

Von grösstem Interesse wäre nun noch die Vergleichung des Verhaltens der Atomwärme mit den Forderungen der Einsteinschen Theorie der spezifischen Wärme.[1]) Doch ist das Temperaturintervall, über welches vorliegende Untersuchung sich erstrecken konnte, zu eingeschränkt, um gerade den charakteristischen Teil der Temperaturkurve, nämlich den Anstieg bei ganz tiefen Temperaturen zu einer solchen Vergleichung herbeiziehen zu können.

Für die Schmelzwärmen der Alkalimetalle gilt die Regel, dass dem höheren Schmelzpunkt die grössere Schmelzwärme entspricht. Es ist nämlich:

	Schmelzwärme:	Schmelztemperatur:
Li	32,81	180°
Na	17,75	97,6°
K	13,61	62,8°
Rb	6,1	38,5°
Cs	—	26,5°

Regnault[2]) war der erste, welcher konstatierte, dass die spezifische Wärme einer Substanz im flüssigen Zustand grösser ist, als im festen. Für die bis jetzt daraufhin untersuchten Substanzen hat sich dieses Resultat allgemein bestätigt gefunden. Vergleicht man die spezifischen Wärmen im festen und im flüssigen Zustand der drei bis jetzt daraufhin untersuchten Alkalimetalle Na[3]), K[3]) Rb, so findet man eine mit dem Atomgewicht steigende Zunahme in der Differenz der beiden spezifischen Wärmen. Für Na beträgt die prozentuale Zunahme 16, für K 28, für Rb sogar 46%.

III. Spezifische Wärme des Cadmiums.

Die spezifische Wärme des Cd. wurde schon von mehreren Forschern bestimmt. So findet sich unter den kalorimetrischen Arbeiten

---

[1]) Einstein: „Die Plancksche Theorie der Strahlung und die Theorie der spezifischen Wärme". Ann. der Physik 22, pag. 180.

[2]) l. c.

[3]) Bernini: Phys. Zeitschrift, Bd. 7, pag. 168. 1906.

Regnaults[1]) eine Untersuchung derselben und zwar fand er für diese nach der Mischungsmethode zwischen 100 und 18° den Wert 0,05669.

Aus dem Jahre 1887 datiert eine Untersuchung über die Abhängigkeit der spezifischen Wärme des Cd. von der Temperatur von 0 bis 300° C. von A. Naccari[2]). Nach ihm ist die wahre spezifische Wärme c des Cd. durch die Formel gegeben: $c = a + b\,(t - 21)$, wo $a = 0{,}055107$, $b = 23{,}78 \cdot 10^{-6}$ bedeutet. Auf Tafel I befindet sich die graphische Darstellung von c als Funktion der Temperatur nach Naccari.

L. Schütz[3]) veröffentlichte 1892 eine Arbeit „Über die spezifische Wärme von leicht schmelzbaren Legierungen und Amalgamen", in welcher er für eine Anzahl Metalle, darunter auch für Cd., die spezifische Wärme von 100 bis 18° und 18 bis — 80° bestimmt. Er findet für die von ihm untersuchten Metalle durchwegs eine Abnahme der spezifischen Wärme mit abnehmender Temperatur mit Ausnahme für Cd. Für dieses sind seine Resultate zwischen — 80° und + 20° grösser, als zwischen 100 und 20°. Bei Betrachtung seiner Werte der spezifischen Wärme für die beiden Versuchsreihen ist folgendes zu bemerken: Als Mittel aus sechs Versuchen, deren extremste Werte um $2^1/_2$ % auseinander liegen, findet er für die spezifische Wärme zwischen 100 und 20° 0,05670. Die Werte seiner Versuchsreihe bei — 80° sind $\left\{\begin{matrix} 0{,}05581 \\ 0{,}05704 \\ 0{,}05805 \end{matrix}\right\}$; diese stimmen also nur auf 4 % mit einander überein. Das Mittel ist 0,05677. Er findet also aus Gruppen, deren einzelne Werte um $2^1/_2$ % resp. 4 % differieren, eine Zunahme der spezifischen Wärme im untersuchten Intervall um $^1/_5$ %. L. Schüz sucht dieses, von andern Metallen abweichende Verhalten durch Auftreten von allotropen Modifikationen zu erklären.

Im Jahre 1900 erschien eine Arbeit von U. Behn[4]), in welcher die spezifische Wärme einer grösseren Anzahl von Metallen zwischen — 80 und 18° und zwischen — 190 und 18° angegeben ist. Und zwar findet er für Cd. eine starke Abnahme der spezifischen Wärme mit abnehmender Temperatur in diesem Intervall.

Ich habe mir in Anbetracht des Mangels an Übereinstimmung der vorliegenden Angaben die Aufgabe gestellt, die spezifische Wärme des Cd. im Temperaturintervall — 80 bis 300° zu untersuchen.

Ich will hier nicht sämtliche Einzelheiten der Versuchsausführungen wiederholen, sondern möchte in dieser Beziehung auf

[1]) Annalen der Physik, Bd. 138, pag. 75.

[2]) Acc. di Torino 1887, Bd. 23, pg. 107.

[3]) Annalen der Physik, Bd. 46, pag. 177.

[4]) Annalen der Physik 1900, Bd. I, pag. 257.

die vorhergehende ausführliche Schilderung der Bestimmung der spezifischen Wärme des Rubidiums verweisen und hier nur die von jener Arbeit abweichenden oder dort nicht in Anwendung gebrachten Anordnungen wiedergeben. Im Ganzen gestaltete sich die Untersuchung des Cd. infolge seiner verhältnismässig geringen Reaktionsfähigkeit weitaus einfacher. Da sich das Cd. von 150° an mit einer Oxydschicht überzog, hielt ich es für angebracht, dasselbe in eine Kupferkapsel einzuschliessen. Und zwar geschah dieses auf folgende Weise: Durch den einen Boden der Kapsel führte man den Aufhängehaken so hindurch, dass er zirka 2 cm tief in das Innere derselben drang. Dieser Boden war ohne weiteres auflötbar. Beim Auflöten des zweiten Bodens bestand die Schwierigkeit darin, dass das Cd.-Stück nicht zu nahe an den erhitzten Lötkolben kommen durfte. Deshalb kehrte man die Kapsel um, so dass das Metall während des Lötens mit Sn auf die Verlängerung des Aufhängehakens zu liegen kam, also eine Distanz von zirka 2 cm zwischen der zu lötenden Fläche und dem Metall lag. Auf diese Weise war es vor der Hitze des Lötkolbens geschützt und seine Oxydation unmöglich. Bei 200° aber fiel der Boden heraus, wohl infolge des auf dem weichgewordenen Lötzinn lastenden Metallgewichtes. Ich stellte nun eine ebensolche, aber mit Blei gelötete Kapsel her, dessen Schmelzpunkt ja bei zirka 330° liegt. Der Erfolg war derselbe, der Boden fiel heraus. Nun verschaffte ich mir eine Kapsel, bei der alles, mit Ausnahme des zweiten Bodens, mit Silber hart gelötet war. Das offene Ende drückte ich in der Längsrichtung flach, bog es um und lötete es mit Zink luftdicht zu, indem ich länglich geschnittene, oxydfreie Zinkstückchen, die ich auf die Naht legte, mit dem Bunsen-Brenner schmolz. Dabei war ich nicht einmal genötigt, die Kupferkapsel länger wie bei 150° zu nehmen; denn ich steckte dieselbe einige Zeit vor dem Schmelzen des Zinks bis auf die zu schliessende Naht in Schnee, so dass die Temperatur des Cd. während des Schmelzens kaum erhöht gewesen sein dürfte. Für die Versuche bei 300° musste ich das Metall einige Male neu einschliessen, weil die Kapsel undicht wurde.

Kühl- und Heizapparate.

Bei den Temperaturen — 80 und — 20° C. verwendete ich ein Zinkgefäss, in dessen Boden eine Messingröhre eingelötet war. In diese wurde ein Glasrohr mittelst Gips eingekittet, da ein solches sich leichter trocken halten lässt als ein Metallrohr. Das Metallrohr schützte das Glas vor dem Zerspringen bei Einwirkung der tiefen Temperatur. Im Boden des Zinkgefässes war von aussen ein kurzes Rohr eingelötet, das mittelst eines Kautschukschlauches verlängert

wurde und zum Abfliessen des überflüssigen Äthers, resp. der geschmolzenen Kochsalzmischung diente. Das ganze Gefäss war in eine dicke Schicht Watte gehüllt, um die Wärmestrahlung von aussen möglichst zu verhindern. Bei diesen Versuchen war es von grösster Wichtigkeit, dafür zu sorgen, dass sich auf dem Körper, während des Abkühlens sowohl als auch beim Transport ins Kalorimeter, kein Eisbeschlag niedersetzte, weil die Schmelzwärme dieses Eises beim Kalorimetrieren dem Wasser entzogen wird, was die Resultate für die spezifische Wärme zu gross werden liesse. Um dieses zu verhindern, verschloss ich das Glasrohr oben und unten mit feinporösen, gut paraffinierten Pfropfen. Der untere Pfropfen wurde mit einem Kapillarrohr durchbohrt, das sich nach oben kelchartig erweiterte und mit $CaCl_2$ als Trockenmittel gefüllt wurde. Durch den oberen Pfropfen steckte ich ein ebensolches Glasgefäss und das Thermometer und dichtete dann die Berührungsflächen zwischen Pfropfen und Glas mittelst Paraffin ab. Durch das obere Kapillargefäss zog ich einen Seidenfaden, der sich seiner Dicke entsprechend leicht in der Kapillare verschieben liess und an dessen Ende der Körper befestigt wurde. In das Kapillargefäss goss ich Hg, um das Eindringen von feuchter Luft unmöglich zu machen. Etliche Hg-Tropfen, welche der Faden beim Fallenlassen des Versuchskörpers mitriss, wurden durch einen kleinen Becher aus Pappe aufgefangen, der mittelst Paraffin am Thermometer befestigt wurde. Um den Versuchskörper aus dem Kühlapparat ins Kalorimeter zu transportieren, wurde das Thermometer des letzteren herausgenommen, so dass das Kalorimeter dicht unter den Apparat gebracht werden konnte und der Körper höchstens $^1/_4$ Sekunde mit der Zimmerluft in Berührung war; es ist nicht anzunehmen, dass in dieser kurzen Zeit ein wesentlicher Wärmeaustausch zwischen Körper und Luft oder gar Reifbildung hätte stattfinden können. Durch das Herausnehmen des Thermometers entzog ich dem Kalorimeter Wärme, welchen Fehler ich durch Addition der Wärmemenge $w_{th}\ (t - t_{th})$ auszugleichen suchte. Hierin bedeutet: w_{th} den Wasserwert des Thermometers, t die Anfangstemperatur im Kalorimeter vor dem Herausnehmen des Thermometers, t_{th} die Temperatur desselben, die direkt vor dem Einwerfen des Körpers abgelesen wurde. Diese Korrektion ist in den Tabellen unter C' angegeben.

Um die Temperaturen $-80°$ herzustellen, füllte ich den Apparat zunächst mit schneefester CO_2 und Äther und zwar so, dass ich auf jede Schicht CO_2 von etwa $^1/_2$ cm Höhe eine entsprechende Menge Äther goss. Um die Temperatur konstant zu erhalten, füllte ich den Apparat mit dem fertigen Gemisch bis stets zur selben Höhe

nach. Bei — 20° verwendete ich feingeschabtes Eis und Kochsalz im Verhältnis 3 : 1. Gemessen wurden die Temperaturen mit einem Toluolthermometer, das in ganze Grade eingeteilt war, und an dem man die Zehntelgrade mit der Lupe noch mit Sicherheit schätzen konnte.

Von 150 bis 300° C. verwendete ich einen elektrischen Ofen von Heräus. Das Heizrohr besteht aus Porzellan, ist 60 cm lang und von einem inneren Durchmesser von 2 cm; es ist mit Platinband umwickelt und von einer ungefähr 6 cm dicken Asbestschicht als Wärmeisolator umgeben. An beiden Enden ragt das Rohr zirka 7 cm aus dem Asbestmantel hervor. Der Ofen ist auf einem Brett aufgeschraubt, welches mit Hülfe von Scharnieren so an einem schweren Holzkasten befestigt ist, dass sich der Ofen in vertikaler Ebene kippen lässt.

Die Untersuchung der Temperaturverteilung in diesem Ofen geschah mittelst Thermoelement. Und zwar bediente ich mich dabei der Kombination Constantan-Fe in der Anordnung, dass die Verbindungsstellen der Constantan- und Eisendrähte mit den Zuleitungsdrähten zum Galvanometer in einem etwa 20 l H_2O fassenden Gefäss auf gleicher Temperatur gehalten würden. Die Potentialdifferenzen von Constantan und Fe gegen Kupfer an diesen Stellen eliminieren sich, so dass sich nur diejenige von Constantan gegen Fe geltend macht. Die Drähte waren zur besseren Isolation teils durch Gummischläuche, teils durch Glasröhren gezogen. Die zur messenden Lötstelle führenden Drähte waren zirka 40 cm weit durch Glasrohre gezogen, die ich durch Ätzen mit Diamanttinte in halbe Centimeter einteilte und zum Verschluss des Heizrohres durch einen Asbestpfropfen steckte. Zur Untersuchung der Temperaturverteilung wartete ich einen Zeitpunkt ab, in dem die Temperatur des Ofens gut konstant war, zog dann die Röhre von $^1/_2$ cm zu $^1/_2$ cm heraus und las am Galvanometer den Ausschlag ab. Zunächst zeigte es sich, dass der Ofen so nicht für meine Zwecke brauchbar sei, denn die Kurve der Temperaturverteilung zeigte einen sehr raschen Temperaturfall von der Mitte des Heizrohres gegen die Enden hin. Da mein Cd-Zylinder zirka 2 cm lang war, wäre es erwünscht gewesen, diesen an eine Stelle zu bringen, an der die Temperatur nicht über $^1/_{10}$° C. differierte; eine solche liess sich aber nicht finden. Ich schob deshalb in die Mitte der Porzellanröhre, wo die Temperaturunterschiede die relativ geringsten waren, eine 20 cm lange und 1,7 cm weite Kupferröhre von 1 mm Wandstärke, die wegen ihres guten Wärmeleitungsvermögens die bestmögliche Temperaturverteilung in Aussicht stellte. Die erneute Untersuchung ergab mir das folgende Resultat:

$\varDelta T$ mit kurzem Kupferrohr

bei 150° als Mittentemper.	bei 250° als Mittentemper.	
0,07°	0,4°	bei 5 cm Dist. v. d. Ofenmitte
0,35	6,2	„ 10 „ „ „ „
38,3	42,6	„ 15 „ „ „ „
53,9	122,9	„ 20 „ „ „ „

Die Erhitzungstemperatur wurde mit einem Richter-Hg Thermometer gemessen, das in ganze Grade eingeteilt war und die Fünftelgrade mit der Lupe mit Sicherheit schätzen liess; es war mit einem Eichungsschein der P. T. Reichsanstalt versehen und zeigte bis 360° C. Wegen der bestehenden Temperaturdifferenzen im Heizrohr musste eine Korrektur an der direkt abgelesenen Erhitzungstemperatur angebracht werden, welche nach der im Prüfungsschein angegebenen Formel abschnittsweise berechnet und als Summe der gefundenen Korrekturen zur abgelesenen Temperatur addiert wurde. Diese Korrektur überstieg nicht 1,8% des vom Versuchskörper durchgemachten Temperatursprunges. Das kurze Hg-Gefäss des Thermometers wurde dicht an das Metall im Heizrohr gebracht. Die Ablesestelle fiel bei dieser Anordnung noch ziemlich weit ins Innere des Ofens, so dass ich das Thermometer zur Ablesung herausziehen musste. Das Hg-Gefäss umwickelte ich mit einer dicken Schicht Asbestpapier, damit es sich während der möglichst rasch besorgten Ablesung nicht abkühle.

Da ich bei dieser Anordnung keine Kontrolle über die Temperatur im Innern des Ofens hatte, beobachtete ich mittelst Thermoelementes den Gang und die Konstanz derselben. Der Ofen wurde für 150 und 200° mit dem Akkumulatorenstrom, für die höheren Temperaturen mit dem städtischen Wechselstrom geheizt. Die dabei angewandten Stromstärken betrugen 7—10 Ampères. Das Anheizen wurde dadurch beschleunigt, dass ich mit einem relativ starken Strom anfing, den ich, in der Nähe der gewünschten Temperatur angelangt, nach und nach auf die nötige Stärke reduzierte. Mittelst eines Rheochords konnte ich die Temperatur innerhalb $^1/_3$—$^1/_5$° konstant halten. Der Versuchskörper war an einem langen, sehr dünnen Metalldraht befestigt. Um ihn in das Kalorimeter zu befördern, fasste ich den Draht sehr lang, kippte den Ofen um, entfernte rasch den unteren Pfropfen des Heizrohres, liess den Körper in einem Zuge in das Kalorimeter gleiten und schnitt dann schnell den Draht mit einer Schere entzwei. Der Wasserwert des Drahtendes war so gering, dass ich ihn vernachlässigen konnte.

Zusammenstellung der Versuchsdaten und ihre Berechnung.

In den folgenden Tabellen sind die bei den einzelnen Temperaturen erhaltenen mittleren spezifischen Wärmen angegeben. Der Sinn der einzelnen Rubriken ergibt sich aus der vorhergehenden Arbeit über Rb.; ebenso die Berechnung der spezifischen Wärme. Um diese in einer Gleichung und durch eine Kurve wiedergeben zu können, müssen die Temperaturdifferenzen auf einen gemeinsamen Ausgangspunkt reduziert werden. Durch Umrechnung nach Proportionalität führte ich sämtliche Wärmemengen auf die Anfangstemperatur 20° zurück, da die Mischungstemperatur aller Versuchsreihen in ihrer Nähe liegt.

Die Wärmemenge Q, die einem Körper zugeführt werden muss, um seine Temperatur von 20 auf T° zu erhöhen, kann man durch folgende Gleichung wiedergeben:

$$(1) \quad Q = a_1 (T-20) + a_2 (T-20)^2 + a_3 (T-20)^3 + a_4 (T-20)^4 + \cdots$$

Versuchsreihe bei — 80° C. und — 20° C.

M	Σw	T	t	τ	$\tau - t$	C'	s	$T-\tau$	C_τ^T
59,612	41,274	-21,29	21,96	18,78	-3,18	0,536	0,3 %	40,07	0,05521
„	41,200	-21,29	21,97	18,77	-3,20	0,680	0,9 „	40,06	0,05549
„	41.211	-21,24	21,98	18,80	-3,18	0,432	1,5 „	40,04	0,05510
„	41,371	-21,29	21,96	18,80	-3,16	0,602	0,3 „	40,09	0,05515
		-21,28							0,05524
35,350	41,296	-79,43	23,14	18,54	-4,60	0,772	1,3 %	97,97	0,05477
„	41,196	-79,43	23,20	18,56	-4,64	0,807	1,3 „	97,99	0,05519
„	41,231	-79,18	23,29	18,68	-4,61	0,828	0,9 „	97,86	0,05487
„	41,230	-79,03	23,31	18,67	-4,64	0,719	0,9 „	97,70	0,05518
		-79,28		18,61					0,05500

Versuchsreihe bei 100° C. und bei 150° C.

M	Σw	T	t	τ	$\tau - t$	s	$T-\tau$	Σk	C_τ^T
28,810	41,236	98,28	17,51	20,56	3,05	1,3 %	77,72	0,00152	0,05606
„	41,305	98,28	17,49	20,53	3,04	1,9 „	77,75	„	0,05571
„	41,485	98,28	17,51	20,53	3,02	1,3 „	77,75	„	0,05577
„	41,335	98,65	17,24	20,29	3,05	-0,3 „	78,36	„	0.05579
		98,37		20,48					0,05588
28,810	49,741	151,6	16,61	21,16	4,55	3,8 %	130,14	0,1061	0,05654
„	49,820	152,7	16,57	21,16	4,59	2,9 „	131,54	„	0,05666
„	49,525	152,8	16,56	21,16	4,60	2,9 „	131,64	„	0,05640
„	49,573	152,5	16,59	21,19	4,69	2,9 „	131,31	„	0,05660
		152,5		21,17					0,05655

Versuchsreihe bei 200° C. und bei 250° C.

M	Σw	T	t	τ	$\tau - t$	s	$T - \tau$	Σk	C_τ^T
28,780	60,104	201,65	16,56	21,87	5,31	1,8 %	179,93	0,1192	0,05749
„	60,091	201,8	16,73	22,04	5,31	2,3 „	179,76	„	0,05754
„	60,090	201,6	16,44	21,74	5,30	2,1 „	179,86	„	0,05738
„	60,175	201,65	16,49	21,79	5,30	1,3 „	179,86	„	0,05747
„	60,184	201,8	16,46	21,42	4,96	1,9 „	180,38	0,00152	0,05743
		201,7		21,77					0,05747
28,379	71,296	252,3	16,49	22,44	5,95	1,9 %	229,86	0,1542	0,05854
„	71,297	252,3	16,54	22,47	5,93	0,7 „	229,83	„	0,05833
„	71,191	252,3	16,41	22,36	5,95	0,8 „	229,94	„	0,05841
		252,3		22,42					0,05843

Versuchsreihe bei 280° C. und bei 300° C.

M	Σw	T	t	τ	$\tau - t$	s	$T - \tau$	Σk	C_τ^T
28,379	71,531	279,7	16,23	22,89	6,66	3,0 %	256,81	0,1542	0,05966
„	70,857	279,3	15,71	22,41	6,70	2,4 „	256,89	„	0,05968
„	71,443	279,5	15,44	21,59	6,15	2,3 „	257,91	0,0016	5,05986
		000,0		00,00					0,05973
28,379	71,533	300,2	15,60	23,0	7,40	1,0 %	277,2	0,1542	0,06183
„	71,549	300,2	15,62	23,01	7,39	1,2 „	277,09	„	0,06178
„	71,384	300,2	15,59	22,99	7,40	1,0 „	277,21	„	0,06170
		300,2		23,0					0,06177

Vergleich der berechneten mit den beobachteten Wärmemengen.

T beobachtet	$a_1 T$	$+ a_2 T^2$	$- a_3 T^3$	$+ a_4 T^4 =$	Q berechnet	Q beobachtet	ΔQ	$\frac{\Delta Q \cdot 100}{Q}$
300,2°	15,5969	+ 0,06920	– 0,4342	+ 1,9664	17,1985	17,308	– 0,109	– 0,63
279,5	14,4447	+ 0,05934	– 0,3465	+ 1,4467	15,6042	15,500	+ 0,104	+ 0,66
252,3	12,9306	+ 0,04756	– 0,2474	+ 0,9290	13,6598	13,573	+ 0,077	+ 0,57
201,7	10,1140	+ 0,02910	– 0,1184	+ 0,3477	10,4790	10,442	+ 0,037	+ 0,35
152,5	7,3754	+ 0,01547	– 0,04592	+ 0,09833	7,4433	7,493	– 0,050	– 0,68
98,37	4,3624	+ 0,005413	– 0,009501	+ 0,01203	4,3703	4,356	+ 0,014	+ 0,30
– 21,28	– 2,2978	+ 0,001502	+ 0,001389	+ 0,000926	– 2,2940	– 2,280	– 0,014	– 0,61
– 79,28	– 5,5263	+ 0,008687	+ 0,01932	+ 0,03099	– 5,4673	– 5,460	– 0,007	– 0,13

Dabei erzielt man hinreichende Genauigkeit, wenn man bei der 4. Potenz abbricht. Durch Einsetzung meiner beobachteten Werte erhielt ich acht Gleichungen, aus denen ich nach der Methode der

kleinsten Quadrate die unbekannten Koeffizienten a_1, a_2 .... bestimmte. Ich fand für:

$$a_1 = 0{,}05566$$
$$a_2 = 0{,}0_6\,8813$$
$$a_3 = -0{,}0_7\,1974$$
$$a_4 = 0{,}0_9\,3190.$$

Durch Differentiation der Gleichung (1) nach T erhalten wir die Gleichung der wahren spezifischen Wärme C_T:

$$(2) \quad \frac{dQ}{dT} = C_T = a_1 + 2\,a_2\,(T-20) + 3\,a_3\,(T-20)^2 + 4\,a_4\,(T-20)^3.$$

Die Gleichung für die wahre spezifische Wärme des Cd. bei der Temperatur T heisst also:

$$C_T = 0{,}05566 + 0{,}0_5\,17626\,(T-20) - 0{,}0_6\,5922\,(T-20)^2 + 0{,}0_8\,12760\,(T-20)^3.$$

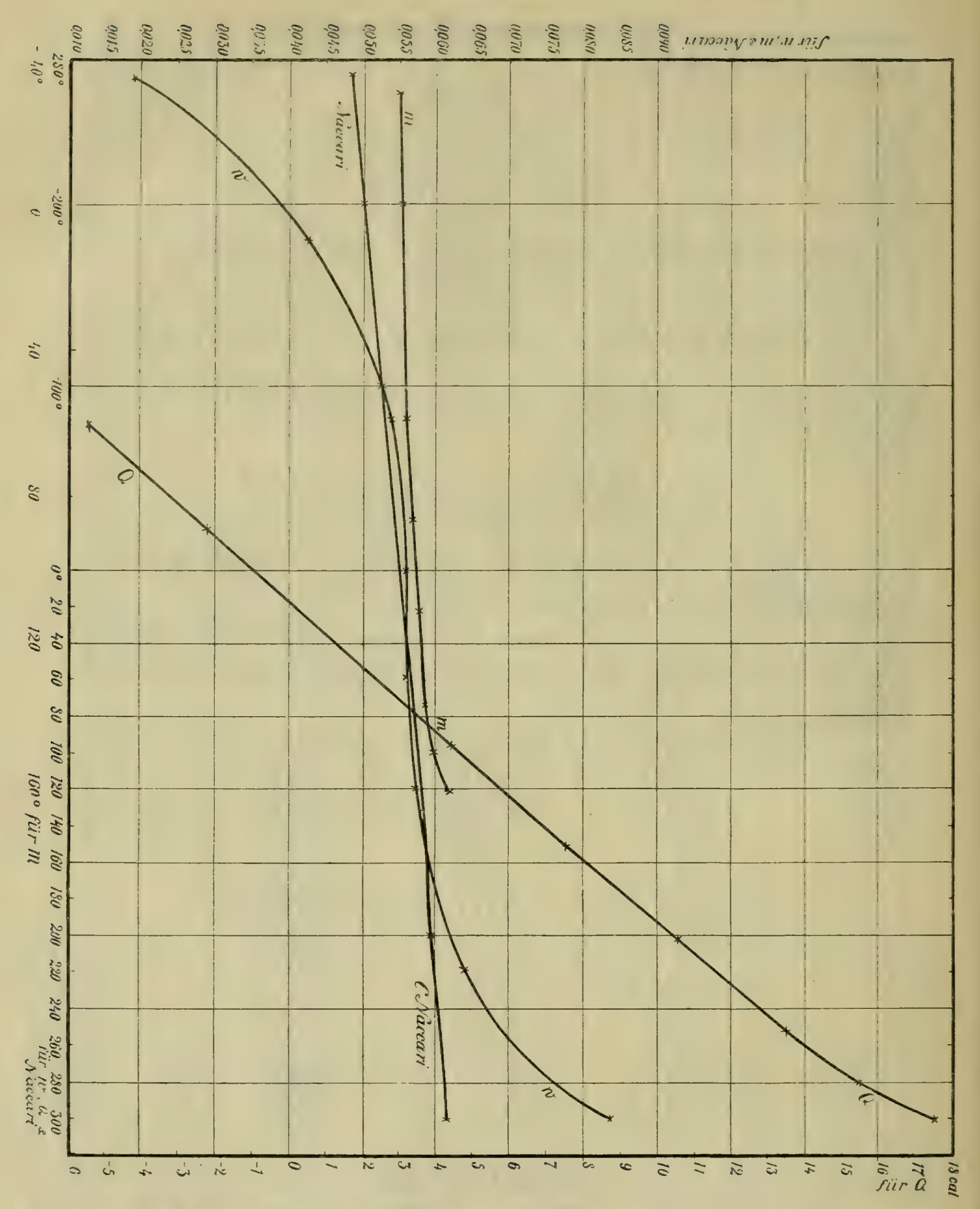
Die zweimalige Differentiation der Gleichung (2) ergab mir den Wendepunkt bei der Temperatur 35,5° C.

In der folgenden Tabelle sind die wahren spezifischen Wärmen und die Atomwärmen für verschiedene Temperaturen zusammengestellt.

Temperatur	Atomwärme	Spezifische Wärme
— 273° C.	2,016	0,0179
— 180 „	4,782	0,0427
— 80 „	5,992	0,0535
— 50 „	6,093	0,0544
0 „	6,194	0,0553
50 „	6,216	0,0555
100 „	6,272	0,0560
150 „	6,474	0,0578
200 „	6,832	0,0617
250 „	7,672	0,0685
300 „	9,426	0,0842

Schluss.

Bei Betrachten der Kurve *m* auf Tafel I sehen wir, dass die mittlere spezifische Wärme im tieferen Beobachtungsintervall eine geringe Abnahme aufweist, im Gegensatz zu den Resultaten des im Anfang dieser Arbeit erwähnten L. Schütz. Die Kurve *w* auf Tafel I zeigt, dass die wahre spezifische Wärme des Cd. von den unteren Temperaturen an zunächst rasch steigt, zwischen 0 und 80° nahezu



konstant bleibt und von da an gegen die Schmelztemperatur hin immer mehr zunimmt. Im Ganzen hat die Kurve denselben Charakter, wie die Kurven für Ca, Mg, Al, Cr, Sb, Bi etc.; es scheint dieses die für die festen Grundstoffe typische Kurvenform zu sein.

Auch in bezug auf die Lage des Wendepunktes steht meine Kurve in Übereinstimmung mit anderen. Bis jetzt hat man bei Ele-

menten, die bei gewöhnlicher Temperatur dem Dulong-Petit-Gesetz folgen, gefunden, dass der Wendepunkt zwischen 0 und 100° bei zirka 60° liegt. Der Wendepunkt für meine Cd.-Kurve liegt bei 35,5° C.; bei dieser Temperatur ist die Atomwärme 6,24.

U. Behn zog aus den Resultaten seiner Arbeit den Schluss, dass „für die festen Elemente die spezifische Wärme bei — 273° den gleichen, sehr kleinen (0?) Wert annehme". Dass sie zu 0 werde, ist nach dem Begriff der spezifischen Wärme nicht möglich. Die bis jetzt bei — 273° C. bekannten Atomwärmen sind tatsächlich klein, so wurde interpoliert für Al 3,60, für Mg 2,69, für Ca 3,88, für Cr 2,53, für Cd erhält man 2,0. Da diese Werte sämtlich durch weitgehende Extrapolation erhalten worden sind, eine solche aber nicht zulässig ist, steht die Beantwortung dieser Frage im Grunde noch dem Experiment offen.

Über Punktmengen konstanter Breite.

Von

Ernst Meissner.

Die Herausgabe einiger Modelle von Flächen konstanter Breite durch die Firma M. Schilling in Leipzig veranlasst mich zu der nachstehenden Note. Sie beschäftigt sich mit derartigen Gebilden und gibt Resultate, die bekannte von A. Hurwitz[1]) und Minkowski[2]) herrührende Sätze als Spezialfälle enthalten. Hervorzuheben ist die Definition der Fläche konstanter Breite als Begrenzung einer einfach definierten Punktmenge. Sie gestattet Verallgemeinerungen nach zwei Richtungen: einmal kann man einen Raum beliebiger Dimensionszahl zugrunde legen, und dann kann an Stelle der gewöhnlichen eine beliebige Minkowski'sche Geometrie[3]) treten, d. h. eine Massbestimmung vermittelst der wechselseitig-einhelligen Strahldistanz.

Wenn im folgenden nur Gebilde von 2 und 3 Dimensionen betrachtet werden, so geschieht es im Interesse der Anschaulichkeit.

Die vollständige Punktmenge M_D vom Durchmesser D.

In einem beliebigen Raum bedeute $S(P_1 P_2)$ die wechselseitig-einhellige Strahldistanz zweier Punkte $P_1 P_2$ im Sinne Minkowski's[4]).

Unter dem Durchmesser D einer endlichen oder unendlichen Punktmenge soll die obere Schranke aller Strahldistanzen zwischen den Punkten der Menge verstanden werden[5]).

---

[1]) A. Hurwitz: Sur quelques applications géométriques des séries de Fourier. Ann. de l'éc. norm., t. XIX, 7.

[2]) H. Minkowski: Über die Körper konstanter Breite. Werke. Pag. 275.

[3]) Diese Bezeichnung ist eingeführt bei Hamel: Geometrien etc. Math. Ann. Bd. 57. Pag. 251.

[4]) H. Minkowski: Geometrie der Zahlen. Pag. 2.

[5]) Vergl. Hch. W. E. Jung: Über den kleinsten Kreis, der eine ebene Figur einschliesst. Crelle, Journ. f. Math. Bd. 137. 1909. — Die dort gelöste Aufgabe lässt sich übrigens ohne weiteres auf den Fall der Minkowski'schen Geometrie übertragen.

Eine Punktmenge vom Durchmesser D soll vollständig heissen (und hier mit M_D bezeichnet werden), wenn ihr keine neuen Punkte zugefügt werden können, ohne dass der Durchmesser wächst. D wird dabei immer als endlich vorausgesetzt.

Die Menge M_D liegt ganz im Endlichen. Für irgend zwei ihrer Punkte $P_1 P_2$ gilt

(1) $$S(P_1 P_2) \leqq D.$$

Da die Strahldistanz stetig ist, so folgt aus der Vollständigkeit der Menge sofort ihre Abgeschlossenheit. Die Punktmenge M_D ist sogar konvex, enthält also mit zwei Punkten $P_1 P_2$ stets auch jeden Punkt Q der Verbindungsstrecke $P_1 P_2$. Denn ist P_0 ein beliebiger Punkt von M_D, so ist wegen der Einhelligkeit der Strahldistanz $S(P_0 Q)$ nicht grösser als die grössere der Distanzen $S(P_0 P_1)$, $S(P_0 P_2)$, also auch nicht grösser als D; wegen der Vollständigkeit von M_D gehört also Q zur Menge.

Die Randpunkte von M_D bilden eine stetige, konvexe, geschlossene Fläche F, der die Eigenschaft konstanter Breite zukommt. Es gilt nämlich allgemein der Satz:

Jede Oberfläche F einer vollständigen Punktmenge vom Durchmesser D hat die konstante Breite D.

Dies wird im Falle eines Raumes von 2 resp. 3 Dimensionen im folgenden näher ausgeführt.

Kurven konstanter Breite.

Die Punktmenge M_D liege in einer gewöhnlichen, zweidimensionalen Ebene. Die Massbestimmung vermittelt eine konvexe Eichkurve $\mathfrak{A}$ mit Mittelpunkt. Der Kürze wegen wird angenommen, sie sei ohne Ecken und geradlinige Randteile. Sind P, Q irgend zwei Punkte, und ist OE die Länge des zu PQ parallelen Halbmessers von $\mathfrak{A}$, so ist unter der Strahldistanz $S(PQ)$ von P zu Q das Verhältnis

$$S(PQ) = \left| \frac{PQ}{OE} \right|$$

zu verstehen. Es ist dann $S(PQ) > 0$, wenn $P \neq Q$, $S(P, P) = 0$; $S(PQ) = S(QP)$ und $S(P'Q') = t \cdot S(PQ)$, wenn $P'Q' \,||\, PQ$ und $(P'Q') : (PQ) = t$. Endlich gilt wegen der Konvexität von $\mathfrak{A}$[1]) die Ungleichung

(2) $$S(PQ) \leqq S(PR) + S(RQ)$$

für irgend 3 Punkte PQR der Ebene.

Jeder Richtung u einer Tangente ordnet $\mathfrak{A}$ die Richtung $\bar{u}$ des nach dem Berührungspunkt gehenden Halbmessers zu. Es heisse

[1]) H. Minkowski: Geometrie d. Zahlen. Pag. 37.

$\bar{u}$ radial zu u, u tangential zu $\bar{u}$ gerichtet. Nach den über $\mathfrak{A}$ getroffenen Voraussetzungen gehört zu jeder Richtung je eine Radial- und eine Tangential-Richtung; doch ist die radiale zu einer Radialrichtung von der ursprünglichen im allgemeinen verschieden.[1] $\overline{(\bar{u})} \neq u$.

Die Begrenzung der Punktmenge M_D ist eine geschlossene konvexe Kurve C. Eine solche Kurve besitzt in jedem Punkte eine Tangente nach vorn und eine nach rückwärts.[2] Im allgemeinen fallen diese zwei Tangenten zusammen; sie sind verschieden für eine Menge von Kurvenpunkten E, die stets abzählbar ist, aber ganz wohl aus unendlich vielen Punkten bestehen kann.[3] In den Punkten E hat die Kurve C Ecken und ein ganzes Büschel von Stützlinien, während in den übrigen, den „regulären" Randpunkten R stets nur eine Stützlinie, die Tangente existiert. Von jedem Punkte ausserhalb gehen an C zwei Stützlinien; insbesondere gibt es stets zwei und nur zwei Stützlinien von gegebener Richtung u.

Sei nun P_0 ein fester Aufpunkt auf C, P ein variabler Kurvenpunkt. Es heisse $S(P_0 P)$ die Randstrahlfunktion von P_0. Sie ist stetig und besitzt ein Maximum, das wenigstens für einen Punkt $P = P_0^*$ angenommen wird. Jeder Punkt P_0^* dieser Art heisse Gegenpunkt von P_0.

Satz 1: Für jeden Kurvenpunkt P_0 von C ist das Randstrahlmaximum gleich dem Durchmesser D.

Grösser als D kann es wegen (1) nicht sein. Angenommen, es wäre im Gegenteil stets

$$S(P_0 P) \leqq D - \varepsilon \qquad (\varepsilon > o).$$

Man beschreibe um P_0 eine zur Eichkurve $\mathfrak{A}$ ähnliche und ähnlich gelegene Kurve mit dem Ähnlichkeitsverhältnis $\varepsilon : 1$. (Sie wird bezeichnet mit $\mathfrak{A}(P_0; \varepsilon)$.) Da $\varepsilon > 0$ ist, kann dann stets ein innerer Punkt Q derselben angegeben werden, der nicht zu M_D gehört. Ist jetzt P' ein beliebiger Punkt von C, so hat man

$$S(P_0 P') \leqq b - \varepsilon \qquad S(P_0 Q) < \varepsilon$$

und wegen (2)

$$S(Q P') \leqq S(Q P_0) + S(P_0 P') < \varepsilon + (b - \varepsilon) = \varepsilon.$$

Man schliesst, dass die um Q erweiterte Menge $(M_D + Q)$ immer noch den Durchmesser D haben würde, was der Vollständigkeit wider-

---

[1] Die einzige Ausnahme tritt für elliptische Eichkurven ein.

[2] Jensen. Acta math. T. 30, pag. 190.

[3] F. Bernstein. Über das Gauss'sche Fehlergesetz. Math. Ann. Bd. 64.

spricht. Also ist $\varepsilon = 0$, und wenn P_0^*, P_0^{**}, $\cdots$ die Gegenpunkte von P_0 sind:

$$(3) \qquad S(P_0 P_0^*) = D, \qquad S(P_0 P_0^{**}) = D, \cdots$$

Jeder Punkt P_0 von C hat wenigstens einen Gegenpunkt.

Satz 2: Ist P_0^* ein Gegenpunkt von P_0, so ist die Gerade $\left\{\begin{matrix} t_0 \\ t_0^* \end{matrix}\right.$ durch $\left\{\begin{matrix} P_0 \\ P_0^* \end{matrix}\right.$, deren Richtung zu $P_0 P_0^*$ tangential geht, eine Stützlinie von C.

Denn die Menge M_D liegt wegen (1) ganz im Innern und auf dem Rande der Kurve $\left\{\begin{matrix} \mathfrak{A}(P_0^*; D) \\ \mathfrak{A}(P_0; D) \end{matrix}\right.$. Aber $\left\{\begin{matrix} \mathfrak{A}(P_0^*; D) \\ \mathfrak{A}(P_0; D) \end{matrix}\right.$ geht wegen (3) durch $\left\{\begin{matrix} P_0 \\ P_0^* \end{matrix}\right.$ und hat dort die Stützlinie $\left\{\begin{matrix} t_0 \\ t_0^* \end{matrix}\right.$.

Satz 3: Jeder reguläre Punkt P_0 von C hat nur einen einzigen Gegenpunkt.

Sind nämlich mehrere Gegenpunkte P_0^*, P_0^{**}, $\cdots$ vorhanden, so sind die Strahlen durch P_0, die tangential zu $P_0 P_0^*$, $P_0 P_0^{**}$, $\cdots$ gehen, nach Satz 2 Stützlinien von C in P_0. Da sie verschieden sind, so ist P_0 eine Ecke.

Satz 4: Sind P_0^*, P_0^{**} Gegenpunkte von P_0, so sind auch alle Punkte des Bogens $P_0^* P_0^{**}$ der Kurve C Gegenpunkte von P_0.

Ist R ein regulärer Punkt jenes Bogens, so ist die in P_0 tangential zu $P_0 R$ gezogene Gerade Stützlinie von C, also P_0 der Gegenpunkt von R, und mithin $S(P_0 R) = D$. Da aber die Punkte R den Bogen $P_0^* P_0^{**}$ überall dicht bedecken[1]), so folgt aus der Stetigkeit der Randstrahlfunktion

$$S(P_0 Q) = D$$

für jeden Punkt Q des Bogens $P_0^* P_0^{**}$

Satz 4': Die Gegenpunkte einer Ecke P_0 von C erfüllen also vollständig ein Stück der Kurve $\mathfrak{A}(P_0; D)$

Satz 5: Die Kurve C hat keine geradlinigen Randteile.

Denn wäre von den drei Kurvenpunkten $P_0 P_1 P_2$ etwa P_0 auf der Strecke $P_1 P_2$ gelegen, so lege man um den Gegenpunkt P_0^* von P_0 die Kurve $\mathfrak{A}(P_0^*, D)$, die durch P_0 geht. Diese muss einen der Punkte $P_1 P_2$ ausschliessen, was mit (1) im Widerspruch ist.

Es sollen jetzt die zwei neuen Begriffe der Kurvenradialen und der Breite eingeführt werden. Radiale in einem Punkt einer konvexen Kurve ist jede zu einer Stützlinie jenes Punktes radial gerichtete Gerade.

---

[1]) Dies folgt daraus, dass die irregulären Eckpunkte bloss eine abzählbare Menge bilden.

In einem regulären Punkte gibt es nur eine Radiale. Ist die Eichkurve ein Kreis, so ist die Radiale mit der Kurvennormalen identisch.

Wenn ein paralleles Stützlinienpaar von der Richtung u den Abstand a, das parallele Tangentenpaar der Eichkurve den Abstand $2\mathfrak{a}$ besitzt, so soll das Verhältnis

$$B(u) = \left| \frac{a}{\mathfrak{a}} \right|$$

die Breite der Kurve in der Richtung u heissen. Nach dieser Definition ist $B(u)$ eine eindeutige, stetige Funktion des Richtungswinkels u, und

$$B(u + \pi) = B(u).$$

Man lege jetzt an die Kurve C zwei parallele Stützlinien. Nach Satz 5 existiert eine eindeutige Berührungssehne. Ist einer ihrer Endpunkte $P_1\, P_2$ regulär, so zeigt der Satz 2, im andern Fall der Satz 4', dass die zwei Endpunkte Gegenpunkte zu einander sind, dass somit $P_1\, P_2$ radial zu den Tangenten verläuft, und man hat ferner nach Satz 1:

$$S(P_1\, P_2) = D.$$

Dies Resultat führt zu folgenden Theoremen:

Satz 6. Jede Radiale von C ist Biradiale, d. h. tritt eine Gerade radial in C ein, so tritt sie auch radial aus C aus.

Satz 7. Die Kurve C hat in allen Richtungen dieselbe Breite, und zwar ist sie gleich dem Durchmesser D.

$$B(u) = D = \text{konstant}.$$

Wählt man einen Kreis als Eichkurve, so geht C über in eine gewöhnliche Kurve konstanter Breite. Satz 6 sagt aus, dass jede ihrer Normalen Binormale ist.[1])

Die angewandte allgemeine Massbestimmung setzt nun jede konvexe Kurve zu einer zweiten, (der Eichkurve) in eine analoge Beziehung, wie die zwischen gewöhnlichen Kurven konstanter Breite und dem Kreis. Man kann nämlich jedes konvexe Oval ohne Ecken als Kurve konstanter Breite auffassen, und nachträglich eindeutig die Eichkurve der entsprechenden Massbestimmung feststellen.

Lautet in gewöhnlichen Koordinaten die Gleichung der Stützlinie des Ovals von der Richtung u

$$x \cos u + p \sin u - p(u) = o \tag{4}$$

[1]) A. Hurwitz a. a. O.

so ist dasselbe durch die Stützgeradenfunktion $p(u)$ charakterisiert,[1]) wobei natürlich

$$p(u + 2\pi) = p(u)$$

ist. Die Kurve mit der Stützgeradenfunktion

$$P(u) = \frac{1}{D}[p(u) + p(u + \pi)]$$

hat wegen

$$P(u + \pi) = P(u)$$

einen Mittelpunkt, und ist ebenfalls konvex.[2]) Macht man sie zur Eichkurve, so wird die Breite $B(u)$ des ursprünglichen Ovals

$$B(u) = 2\frac{p(u) + p(u + \pi)}{P(u) + P(u + \pi)} = \frac{2DP(u)}{2P(u)} = D = \text{konstant}.$$

Das Oval hat konstante Breite D.

Der Umfang L desselben wird

$$\mathrm{L} = \int_0^{2\pi} p(u)\,du = \int_0^{\pi}[p(u) + p(u + \pi)]\,du = \frac{1}{2}D\int_0^{2\pi} P(u)\,du.$$

Hieraus folgt

Satz 8. Kurven konstanter Breite D haben alle denselben Umfang. Er beträgt das $\frac{D}{2}$-fache des Umfangs der Eichkurve.

Die im Masstab $D:2$ vergrösserte Eichkurve ist die einzige Kurve konstanter Breite D mit Mittelpunkt.

Flächen konstanter Breite.

Die Punktmenge M_D liege im dreidimensionalen Raum. Ihre Begrenzung ist eine geschlossene, konvexe Oberfläche F, eine Eifläche, Die Punkte einer Eifläche lassen sich nach ihren Singularitäten in drei Gruppen ordnen:

1. Punkte, in denen nur eine Stützebene existiert, reguläre Punkte R.
2. Punkte mit einem Büschel von Stützebenen, Kantenpunkte K, die Axe des Büschels heisse Kantenrichtung.
3. Punkte mit einem Bündel von Stützebenen, Eckpunkte E.

---

[1]) Vergl. für das Folgende: E. Meissner: Anwendung von Fourier-Reihen auf einige Aufgaben der Geometrie und Kinematik. Diese Zeitschrift, Bd. 54, 1909.

[2]) Ist $p(u)$ zweimal differenzierbar, so ist $\varrho(u) = p(u) + \frac{d^2 p(u)}{d u^2}$ der Krümmungsradius des Ovals im Berührungspunkt der Stützlinie (4), sonach $R(u) = P(u) + \frac{d^2 P(u)}{d u^2} = \frac{\varrho(u) + \varrho(u + \pi)}{2D}$ der Krümmungsradius der Eichkurve; daher folgt aus $\varrho(u) > o$ sofort $R(u) > o$.

Eckpunkte sind nur in abzählbarer Menge vorhanden. Die Menge der Kantenpunkte kann die Mächtigkeit des Kontinuums besitzen. Jedenfalls aber liegen die regulären Punkte auf der ganzen Fläche überall dicht.

An Stelle der Eichkurve tritt nun eine eigentlich konvexe Eichfläche mit Mittelpunkt. Wieder sei vorausgesetzt, ihre sämtlichen Punkte seien regulär. Der Stellung u jeder Stützebene ordnet sie die radiale Richtung $\bar{u}$ des Halbmessers nach dem Berührungspunkt zu, und umgekehrt gehört zu jeder Richtung $\bar{u}$ die tangentiale Stellung u der Stützebene im Endpunkt des zu u parallelen Eichflächen-Halbmessers.

Die Randstrahlfunktion wird wie früher eingeführt. Wieder ist ihr Maximum gleich dem Durchmesser D. (Satz 1). Jeder Punkt P von F hat wenigstens einen Gegenpunkt P^*. Das Analogon zu Satz 2 ist

Satz II. Ist P_0^* ein Gegenpunkt von P_0, so ist die Ebene $\left\{\begin{matrix} T_0 \\ T_0^* \end{matrix}\right.$ durch $\left\{\begin{matrix} P_0 \\ P_0^* \end{matrix}\right.$, deren Stellung zu $P_0 P_0^*$ tangential geht, eine Stützebene von F.

Satz 3 gilt unverändert. Man hat ferner

Satz IV′: Die Gegenpunkte einer Ecke P_0 von F erfüllen vollständig ein einfach zusammenhängendes Stück der Fläche $\mathfrak{A}(P_0; D)$.

Beim Beweis dieses Satzes, der für reguläre Gegenpunkte R aus Satz II folgt, wird davon Gebrauch gemacht, dass die Punkte R überall dicht liegen, und die Randstrahlfunktion stetig ist. Es lautet ferner

Satz V: Die Fläche F hat keine drei Punkte, die in gerader Linie liegen. (Beweis wie früher.)

Die Begriffe der Flächenradialen und der Flächenbreite $B(u)$ für eine gegebene Stellung u ergeben sich durch einfache Analogie zum frühern. Wieder ist die Berührungssehne zweier parallelen Stützebenen radial zu deren Stellung, und hat die Strahldistanz D. Dies folgt aus Satz II, zunächst für reguläre Berührungspunkte, und gilt allgemein, weil diese überall dicht auf F liegen. Somit gilt

Satz VI: Jede Radiale der Fläche F ist Biradiale.

Satz VII: Die Fläche F hat konstante Breite D.

Man kann jetzt Satz IV′ folgendermassen vervollständigen:

Satz IV″: Zu einem Flächenpunkte P findet man alle Gegenpunkte P^*, indem man auf allen Flächenradialen in P die Strahldistanz $D = S(P P^*)$ nach dem Flächeninnern abträgt.

Die Gegenpunkte eines Kantenpunktes erfüllen also im allgemeinen ein Stück einer räumlich gekrümmten Kurve. Diese ist ähnlich

und ähnlich gelegen zur Berührungslinie der Eichfläche mit einem ihr in der Kantenrichtung umschriebenen Zylinder.

Im Fall eines Ellipsoides als Eichfläche wird die Raumkurve eben, eine Ellipse.[1])

Profil Π_u einer Eifläche in der Richtung u soll die Umrisskurve der orthogonalen Projektion der Eifläche aus der gegebenen Richtung u heissen. Sie ist sonach eine konvexe ebene Kurve.

Nun gilt folgender, leicht einzusehender Satz:

Satz IX: Das Profil der Fläche F in irgend einer Richtung ist eine Kurve konstanter Breite D, wenn man als Eichkurve das Profil der Eichfläche in derselben Richtung wählt.

Dann folgt aber nach Satz 8:

Satz X: Zwei beliebige Flächen konstanter Breite D haben in gleicher Richtung gleiche Profillänge. Sie beträgt das $\frac{D}{2}$-fache der entsprechenden Profillänge der Eichfläche.

Für die Kugel als Eichfläche, also die gewöhnliche Massbestimmung ergibt sich:

Die vollständige Punktmenge vom Durchmesser D bildet einen Körper konstanter Breite D. Jede Gerade, die normal in ihn eintritt, verlässt ihn auch normal zur Oberfläche. Die Profillänge des Körpers ist in jeder Richtung dieselbe. (Gleich $D\pi$).

Wiederum liefert die allgemeine Massbestimmung Beziehungen zwischen mehreren Flächen.

Es kann eine ganz beliebige Eifläche F durch ihre Stützebenenfunktion p bestimmt werden. Man versteht darunter den Abstand einer Stützebene von einem Fixpunkt im Innern von F, aufgefasst als Funktion der Stellung der Stützebene. Sind (α, β, γ) die Richtungswinkel der Stützebenen-Normalen, und führt man durch die Gleichungen

$$\cos\alpha = \sin\vartheta\cos\psi; \quad \cos\beta = \sin\vartheta\sin\psi; \quad \cos\gamma = \cos\vartheta$$

Länge ψ und Poldistanz ϑ ein, so kann p als eindeutige Funktion dieser Winkel ψ, ϑ aufgefasst werden.

$$p = p(\vartheta, \psi).$$

[1]) Hieraus folgt z. B., dass in der gewöhnlichen Geometrie (Kugel als Eichfläche) es ausser der Kugel selber keine aus lauter Kugelflächen zusammengesetzte Fläche konstanter Breite gibt. Denn den alsdann notwendig auftretenden kreisförmigen Kanten würde eine Gesamtheit von Gegenpunkten entsprechen, die ein Stück einer Ringfläche erfüllen. Man vergleiche die anfangs erwähnten Modelle der Firma Schilling.

Die Funktion

$$(5) \qquad P(u) = \frac{1}{D}[p(\vartheta, \psi) + p(\pi - \vartheta, \psi + \pi)]$$

genügt der Relation

$$P(\vartheta, \psi) = P(\pi - \vartheta, \psi + \pi).$$

und ist Stützebenenfunktion einer konvexen Fläche mit Mittelpunkt, die, wenn F genügend stetig ist, lauter reguläre Punkte besitzt. Unter dieser Voraussetzung kann sie als Eichfläche verwendet werden. Dann wird die Breite $B(\vartheta, \psi)$ der Fläche F für die Stellung (ϑ, ψ)

$$B(\vartheta, \psi) = 2\frac{p(\vartheta, \psi) + p(\pi - \vartheta, \psi + \pi)}{P(\vartheta, \psi) + P(\pi - \psi, \vartheta + \pi)} = D = \text{konstant}.$$

Somit kann mit der oben angegebenen Einschränkung jede beliebige Fläche F als Fläche konstanter Breite aufgefasst werden. Die Gleichung (5) bestimmt die zugehörige Eichfläche.

Entwickelt man $p(\vartheta, \psi)$ nach Kugelflächenfunktionen,

$$p(\vartheta, \psi) = X_0 + X_1 + X_2 + X_3 + \cdots$$

so wird

$$P(\vartheta, \psi) = \frac{2}{D}(X_0 + X_2 + X_4 + \cdots)$$

Zwei Flächen, die in derselben Geometrie konstante Breite haben, stimmen sonach in den Funktionen X_{2k} mit geradem Index überein.

Nach Minkowski[1]) ist nun die Profillänge von F in die Richtung (ϑ, ψ) gegeben durch

$$\Pi(\vartheta, \psi) = 2\pi X_0 + \omega_2 X_2 + \omega_4 X_4 + \cdots$$

wo die ω_{2k} gewisse numerische Konstante bedeuten. Sonach bestimmen sich aber die Funktionen $P(\vartheta, \psi)$ und $\Pi(\vartheta, \psi)$ gegenseitig. (Denn die Entwicklung nach Kugelfunktionen ist eindeutig.)

Aus $P(\vartheta, \psi)$ folgt $\Pi(\vartheta, \psi)$. Dies gibt einen neuen Beweis des Satzes X.

Aber bei gegebenem $\Pi(\vartheta, \psi)$ ist auch $P(\vartheta, \psi)$ bestimmt. Es gilt also auch als Umkehrung des Satzes X.

Satz XI: Haben zwei Eiflächen in gleicher Richtung gleiche Profillängen, so sind sie in ein- und derselben Minkowski'schen Geometrie Flächen konstanter (und gleicher) Breite, und begrenzen vollständige Punktmengen vom selben Durchmesser.

[1]) H. Minkowski: Über Flächen konstanter Breite. Werke pag. 275.

Mitteilungen aus dem botanischen Museum der Universität Zürich.
(LV.)

Deutsch-Südwest-Afrika
(mit Einschluss der Grenzgebiete)
in botanischer Beziehung.

Von

HANS SCHINZ (Zürich).

1.

In den Jahren 1896—1900 habe ich unter dem Titel „Die Pflanzenwelt Deutsch-Südwest-Afrikas" (mit Einschluss der westlichen Kalachari) im damals noch existierenden Bulletin de l'Herbier Boissier[1]) mit der Publikation einer Liste der bis damals bekannt gewordenen Pflanzen aus Deutsch-Südwest-Afrika begonnen, die bis zu den Papilionatae gedieh, die ich aber dann gezwungenerweise abbrechen musste, da sich neben meiner Dozententätigkeit eine Reihe weiterer Verpflichtungen einstellten, die es mir verunmöglichten, mich anhaltend der Aufarbeitung unserer Sammlungen zu widmen. Inzwischen ist bei uns wie anderswo so reichlich Material aus jenen Gebieten eingelaufen und publiziert worden, dass ich mich nicht dazu verstehen konnte, einfach die damals unterbrochene Liste fortzusetzen, sondern es vielmehr vorziehe, um ein möglichst getreues Bild der Verbreitung der alten und neuen Arten zu liefern, mit dieser zweiten Aufzählung nochmals mit den Thallophyten einzusetzen, unter einem andern Titel, um einer Verwechslung mit der Liste 1896/1900 von vornherein vorzubeugen. Die in jenen ersten Aufzählungen als Fundorte erwähnten Lokalitäten berücksichtige ich nur, wenn dieselbe Art am selben Orte von einem damals noch nicht genannten Sammler neuerdings gefunden worden ist und gleicherweise bleiben an dieser Stelle die damals erwähnten Sammlernummern ausser Betracht. Ich muss also den Interessenten bitten, neben dieser vorliegenden Publikation gleichzeitig auch die unter dem Titel „Die Pflanzenwelt Deutsch-Südwest-Afrikas" erschienene zu Rate zu ziehen.

---

[1]) Bull. Herb. Boissier IV (1896) App. III; V (1897) App. III; Mémoires de l'Herb. Boissier, No. 1 (1900).

Um sofort ersichtlich zu machen, dass eine Pflanzenart bereits in jener Aufzählung von derselben Lokalität erwähnt (von einem andern Sammler gefunden) ist, sind die betreffenden Ortsbezeichnungen kursiv gedruckt und gleicherweise halte ich es mit der Zitierung der geogr. Gebiete Gross-Namaland, Hereroland, Amboland, Kalachari: erscheinen diese kursiv, so soll dies andeuten, dass die bezügliche Art für das betreffende Gebiet bereits aufgezählt worden ist, entweder von einer andern Lokalität oder unter einer andern Sammlernummer und es ist dann überdies auch der betr. Pflanzenname kursiv gedruckt.

Meine eigenen Sammlungen, sowie die mir von anderer Seite geschenkten oder anvertrauten Kollektionen sind nun so weit aufgearbeitet, dass die Fortsetzungen dieser Publikation voraussichtlich rasch aufeinander folgen können; die einschlägige Literatur ist sorgfältig ausgezogen und verwertet worden.

Sind auch im letzten und vorletzten Jahre beträchtliche Sammlungen aus meinem Gebiete (von Dinter, Range, Seiner, Pearson) teils nach Berlin, teils nach Kew gelangt, so dürfte doch die vorliegende Publikation ein annähernd richtiges Bild der südwestafrikanischen Pflanzenwelt, soweit Deutsch-Südwest-Afrika in Betracht kommt, geben.

Ich habe diesmal die Grenzgebiete mitberücksichtigt, immerhin nur soweit solche wirklich in unmittelbarer Nachbarschaft der deutschen Kolonie liegen, in der Meinung, dass diese Mitberücksichtigung die Aufarbeitung einlaufender Materialien nicht unwesentlich erleichtern dürfte.

Erklärung der Abkürzungen.

KAP-KOL. = Kapkolonie.
GR. NAM. = Gross-Namaland.
HER. = Hereroland.
AMB. = Amboland.
KAL. = Kalachari.
MOSS. = Mossamedes.
NAM. = Nama-Idiom.
Otji. = Otjiherero (Idiom der Ovaherero).
Osh. = Oshindonga (Idiom der Aandonga).
* = ausserhalb von Deutsch-Südwest-Afrika; für die Kap-Kol., weil selbstverständlich, nicht verwendet.
(„Dinter") bezieht sich auf die nicht weiter kontrollierbaren Angaben in Dinter, Deutsch-Südwest-Afrika; Th. O. Weigel, Leipzig 1909.

Schizophyta.

Nostoc commune Vaucher Hist. d. Conf. d'eau douce (1803), 222, t. 16, fig. 1.
HER.: Grootfontein, Dinter 702.

Schizothrix cf. **vaginata** Gomont in Ann. Sc. nat. sér. VII, XV (1892), 302, t. VII, fig. 1—4.
HER.: Okahakana, Dinter 750.

Bacillariales[1].

Zum Teil bestimmt von Prof. **Jacques Brun** (Genf) †.

Synedra Ulna (Nitzsch) Ehrenb. Infus. (1838), 211.
— — var. **amphirhynchus** (Ehrenb.) Grun. in Wien. Verhandl. (1862), 397.
Achnanthes exigua Grun. in Cleve et Grun. Arct. Diatom. (1880), 21.
A. lanceolata (Bréb.) Grun. in Cleve et Grun. l. c., 23 f. **dubia** Grun. l. c., 23.
Gomphonitzschia Ungeri Grun. l. c. var. **obliqua** Grun. l. c., 102.
Navicula ambigua Ehrenb. Beobacht. über die Verbr. (1843), 129.
N. atomoides Grun. in Van Heurck Synops. (1885), 107.
N. cryptocephala Kützg. Bacill. (1844), 98.
N. mesolepta Ehrenb. Amer. (1841), t. 4.
N. polygonea Bréb. in Kützg. Spec. (1849), 85.
N. Pupula Kützg. Bacill. (1844), 93.
N. Reinhardtii Grun. in Cleve et Grun. Arct. Diatom. (1880), 32.
N. rhynchocephala Kützg. Bacill. (1844) T. 30, fig. 35.
— — var. **amphiceros** (Kützg.) Grun. in Cleve et Grun. Arct. Diatom. (1880), 33.
N. rostrata Ehrenb. in Ber. (1840), 18.
N. Stauroptera Grun. in Wien. Verhandl. (1860), 516, t. 2, fig. 18.
N. Tabellaria (Ehrenb.) Kützg. Bacill. (1844), 98.
N. viridis Ehrenb. Infus. (1838), 182, t. XIII, fig. 16.
Pinnularia episcopalis Cleve Synopsis (1895).
Diadesmis confervacea Kützg. Bacill. (1844), 109.
Gomphonema Bruni Fricke Atlas der Diatom. Kunde (1902), t. 238, fig. 12—13.
G. gracilis Ehrenb. Infus. (1838), 217.
G. parvulum Kützg. Bacill. (1844), 83.
G. Puiggarianum Grun. in Van Heurck Synops. (1885), t. 25, fig. 18.

---

[1]) Die Kieselalgen entstammen der atlantischen Küste und zwar fast ausschliesslich der unmittelbaren Nachbarschaft der Walfischbai.

Eine Liste fossiler Bacillariaceen aus dem Kalkfuff von Witkop an der Grenze des südlichen Gross-Namalandes und der Kalachari in „Schultze, Aus Namaland und Kalahari (1907), 706".

G. subclavatum Grun. Diat. Fr. Jos. Land (1884), 46.
Cystopleura argus (Ehrenb.) O. Kuntze Rev. Gen. pl. II (1891), 891.
Rhopalodia asymetrica O. Müller in Engl. Bot. Jahrb. XXII (1895), 68.
R. gracilis O. Müller l. c., 63.
R. hirudiniformis O. Müller l. c., 67.
R. uncinata O. Müll. l. c., 63.
R. vermicularis O. Müller l. c., 67.
Stauroneis Schinzii Brun in Mém. soc. phys. et d'hist. nat. Genève XXXII (1891), 38, t. XVI, fig. 1.
Nitzschia recta Hantzsch in Van Heurck Synops. (1885), 182, t. 67, fig. 17—18 als var. von N. vitrea Norm.
N. thermalis Grun. Verhandl. Wien (1862), 562.
N. vivax Hantzsch in Cleve et Moell. Diatom. (1878), 172.

Confervales.

Bestimmt von Prof. Dr. **P. Magnus** (Berlin).

Ulva uncialis Suhr in Kützg. Spec. alg. (1849), 475.
GR. NAM.: Lüderitzbucht, Scholz.

Oedogonium Kjellmanni Wittr. in Wittr. et Nordst. Alg. Aqu. dulc. ex sicc. No. 306 et in Bot. Notiser (1880), 115.
AMB.: Oshando, Schinz.

Cladophora hospita (Mert.) Kützg. Phyc. gen. (1843), 271.
HER.: Walfischbai, Dinter 4.

Sphaeroplea annulina (Roth) Ag. Syst. (1824), 76.
HER.

Charales.

Bestimmt von Prof. Dr. **C. F. Otto Nordstedt** (Lund).

Chara coronata Ziz in Ann. sc. nat. (1834), 353 var. **Braunii** (Gmel.) A. Braun in Flora (1835), 59 f. **microcarpa** Nordst. in Hedwigia (1888), 195.
GR. NAM.: Kleiner Fischfluss, Schinz.

C. foetida A. Braun in Flora (1835), 63 var. **oligospira** A. Braun Char. afr. (1867), 845 [1]).
GR. NAM.: Kuibes, in stehendem Wasser, Schinz; Slangkop, Schinz.
HER.: | Ai || gams (Windhoek), warme Quellen, Schinz; Scheppmannsdorf, in fliessendem Wasser des ! Kuisib-Flusses, Belck 58.

— — f. **subinermis** Nordst. in Mémoires Herb. Boiss. No. 20 (1909), 3.
HER.: Grootfontein, Dinter 677 a.

[1]) Chara foetida A. Braun wird unter dem Namen C. capensis von E. Mey. (in Drège, Zwei pflanzengeogr. Dokumente) für Verleptpram am Unterlauf des Oranjeflusses angegeben.

C. hereroensis Nordst. in Mémoires Herb. Boiss. No. 20 (1909), 2.
HER.: Grootfontein, Dinter 677; Okaukuejo, Dinter 741.

C. fragilis Desv. in Lois. Not. (1810), 137 f. **brevibracteata** Nordst. in Hedwigia (1888), 195.
HER.: Otjikango okatiti, Schinz; Otjovazandu, Schinz.
KAL.: | Oas, Schinz.

— — var. **basilaris** Nordst. in Hedwigia (1888), 195.
AMB.: Oshando, Schinz; Olukonda, Schinz.

Nitella hyalina (DC.) Ag. Syst. Alg. (1824), 126.
HER.: Amutoni, Dinter 734.

Phaeophyceae.

Bestimmt z. Teil von **Th. Reinbold** (Itzehoe).

Phyllitis fascia (Müll.) Kützg. Phyc. gen. (1843), 342.
HER.: Walfischbai, Dinter 16.

Chordaria flagelliformis (Müll.) Ag. Spec. I (1817), 164.
HER.: Walfischbai, Dinter.
Unsere Exemplare scheinen mit der f. **capensis** Kützg. Tab. phyc. VIII, t. II übereinzustimmen.

Ecklonia buccinalis (L.) Hornem. in Act. Hafn. III (1828), 370.
Nach Schultze (Aus Namaland und Kalahari) häufig an der Küste.
|| *ha* (Nam.).

Laminaria digitata (L.) Lamour. Ess. (1813), 22 f. *ensifolia* (Kützg.) Foslie in Bull. Herb. Boiss. I (1893), 91.
HER.

Laminaria Schinzii Foslie in Bull. Herb. Boiss. I (1893), 91.
HER.
GR. NAM.: Lüderitzbucht, Scholz.

Rhodophyceae.[1]

Bangiaceae.

Porphyra capensis Kützg. Phyc. gen. (1843), 383.
GR. NAM.: Lüderitzbucht, Scholz.
HER.: Walfischbai, Dinter.

---

[1]) Meine eigene Rhodophyceen-Ausbeute, vornehmlich aus der Lüderitzbucht stammend und zirka 20 Flaschen umfassend, habe ich kurz nach meiner Rückkehr aus Afrika einem Algologen übergeben, der leider, bevor ich in den Besitz der Bestimmungen gelangte, starb.

Die nachfolgenden Bestimmungen verdanke ich fast ausschliesslich der Freundlichkeit des vorzüglichen Rhodophyceen-Kenners Theodor Reinbold-Itzehoe.

Chaetangiaceae.

Chaetangium ornatum (L.) Kützg. Phyc. gen. (1843), 392.
GR. NAM.: Lüderitzbucht, Scholz.
HER.: Walfischbai, Dinter.

Chaetangium magnificum Pilger in Hedwigia XLVIII (1908), 181.
HER.: Tsoachaub, Borchmann.

Suhria vittata (L.) J. Ag. Alg. med. (1842), 67.
GR. NAM.: Lüderitzbucht, Scholz.
HER.: Walfischbai, Dinter 19, 23.

Gigartinaceae.

Actinococcus latior Schmitz in Flora (1893), 387.
GR. NAM.: Lüderitzbucht, Scholz (auf Gymnogongrus dilatatus).
HER.: Walfischbai, Dinter 29, auf Gymnogongrus glomeratus.

Euhymenia schizophylla Kützg. Spec. alg. (1849), 742.
GR. NAM.: Lüderitzbucht, Scholz.

Gigartina Radula (Esp.) J. Ag. Alg. Liebm. (1847), 278.
HER.: Walfischbai, Dinter 33.

G. Teedii (Roth) Lamour. Essai (1813), 49.
HER.: Walfischbai, Dinter 25.

Gymnogongrus dilatatus (Turn.) J. Ag. Spec. II (1851—1863), 326.
GR. NAM.: Lüderitzbucht, Scholz.
HER.: Walfischbai, Dinter 17.

G. glomeratus J. Ag. in Act. Holm. Oefvers. (1849), 88.
HER.: Walfischbai, Dinter 9, 29.

Sphaerococcaceae.

Heringia mirabilis (Ag.) J. Ag. Alg. med. (1842), 68.
HER.: Walfischbai, Dinter 4.

Hypnea Eckloni Suhr in Flora (1836), 342.
HER.: Walfischbai, Dinter 15, 27.

Gracilaria confervoides (L.) Grev. Alg. brit. (1830), 123.
HER.: Walfischbai, Dinter 32.

Rhodymeniaceae.

Epymenia obtusa (Grev.) Kützg. Spec. (1849), 787.
GR. NAM.: Lüderitzbucht, Scholz.
HER.: Walfischbai, Dinter 30, Cleverly. [1]

[1] Die Angaben Cleverly entnehme ich der Aufzählung im Journ. of Bot. XXXIV (1896), 193, ebenso diejenigen aus dem Herb. Tyson.

Plocamium cornutum (Turn.) Harv. Ner. austr. (1847—49), 123.
GR. NAM.: Lüderitzbucht, Scholz.

P. Suhrii Kützg. Tab. Phyc. XVI (1866), t. 54. (1849), 886.
HER.: Walfischbai, Dinter 5.

Rhodymenia capensis J. Ag. Anal. alg. II (1894), 58.
HER.: Walfischbai, Dinter 22, Clerverly.

Delesseriaceae.

Nitophyllum fissum (Grev.) J. Ag. spec. II (1851—63), 674.
GR. NAM.: Lüderitzbucht, Scholz.

N. venosum Harv. Ner. austr. (1847—49), 118.
HER.: Walfischbai, Cleverly.

N. spec.
HER.: Walfischbai, Dinter 8.

Rhodomelaceae.

Chondria capensis (Harv.) J. Ag. Spec. II (1851—1863), 802.
HER.: Walfischbai, Dinter 18, Cleverly.

Polysiphonia corymbifera (J. Ag.) Harv. Ner. austr. (1847—49), 54.
HER.: Walfischbai, Dinter 6, 9, 20, Cleverly.

P. virgata (J. Ag.) Spreng. Syst. veget. (1825—28), 350.
HER.: Walfischbai, Dinter 7, 14.

Ceramiaceae.

Aristothamnion purpuriferum J. Ag. Anal. alg. (1892), 45.
HER.: Walfischbai, Dinter 2.

Carpoblepharis minima Barton Journ. of Bot. XXXI (1893), 114.
HER.: Walfischbai, Dinter 12.

C. flaccida (Turn.) Kützg. Spec. (1849), 690.
GR. NAM.: Lüderitzbucht, Scholz.
HER.: Walfischbai, Cleverly.

Ceramium clavulatum (Mont.) J. Ag. Spec. II (1851—63), 152.
GR. NAM.: Lüderitzbucht, Scholz.
HER.: Walfischbai, Dinter 3.

C. diaphanum (Lightf.) Roth Cat. Bot. III (1806), 154.
HER.: Walfischbai, Herb. Tyson.

C. obsoletum J. A. Ag. Spec. II (1828), 145.
HER.: Walfischbai, Cleverly.

Cyrtymenia hieraglyphica (J. Ag.) Schmitz in Engl. u. Prantl Natürl. Pflanzenfam. I, 2 (1896), 511.
HER.: Walfischbai, Schinz.

Pachymenia carnosa J. Ag. Epic. (1876), 145.
HER.: Walfischbai, Dinter 34.

Corallinaceae.

Corallina carinata Kützg. Tab. Phyc. VIII (1858), 30 t. 61.
GR. NAM.: Lüderitzbucht, Scholz.

Eumycetes.

Bestimmt z. Teil von Dr. **Victor Fayod** (Paris) †, z. Teil von Prof. Dr. **Ed. Fischer** (Bern), z. Teil von Prof. **P. Hennings** (Berlin) †.

Mucedinaceae.

Aspergillus Welwitschiae (Bres.) Hennings in Baum Kunene-Sambesi Exped. (1903), 168.
HER.: ! Hai || guinchab, auf trockenen weiblichen Blütenteilen der Welwitschia, Schinz. Vergl. Hennings l. c.

Sphaerulina Worsdellii Massee in Kew Bull. (1910), 252.
HER.: bei Welwitsch, an den abgestorbenen Blattenden der Welwitschia, Worsdell.

Uredinaceae.

Uromyces Aloes (Cooke) Magnus in Ber. Deutsche Bot. Ges. X (1892), 48.
AMBOELLA: *am Habungu, 1100 m, auf Blättern von Aloe Baumii, Baum 476.

Uromyces comptus Sydow in Engl. Bot. Jahrb. XLV (1910), 259.
HER.: Wilhelmstal bei Okahandja, an den Laubblättern von Ipomoea bipinnatipartita, Dinter.

***Puccinia* desertorum** Sydow in Engl. Bot. Jahrb. XLV (1910), 259.
HER.: Okahandya, an Laubblättern und Stengeln von Evolvulus alsinoides, Dinter.

***P.* heterospora** Berk. et Curt. in Journ. Lim. Soc. X (1868), 356.
AMBOELLA: *am Habungu, 1100 m, auf Blättern von Sida Höpfneri, Baum 485.

P. Mesembrianthemi Mac Owan ap. Cooke in Grev. XX (1892), 109.
HER.

Ravenelia Baumiana Hennings in Baum Kunene-Sambesi Exped. (1903), 157.

MOSS.: * Humbe, 1150 m, auf lebenden Blättern von Cassia goratensis, Baum 965.

Aecidium ancylanthi Hennings in Baum Kunene-Sambesi Exped. (1903), 161.

AMBOELLA: *am Habungu, 1100 m, auf Sandboden auf Ancylanthus fulgidus, Baum 492.

A. Baumianum Hennings in Baum Kunene-Sambesi Exped. (1903), 163.

AMBOELLA: *am Habungu, 1100 m, auf Blättern von Plectronia abbreviata, Baum 486.

A. habunguensis Hennings in Baum Kunene-Sambesi Exped. (1903), 160.

AMBOELLA: *am Habungu, 1100 m, im Walde, auf Blättern von Solanum Baumii, Baum 470.

A. Mac-Owanianum Thüm. in Flora (1875), 380.

AMBOELLA: *Maramba bei Kalolo, 1100 m, auf sumpfigem Boden, auf grünen Blättern von Conyza limosa, Baum 434a.

A. ornamentale Kalchbr. in Flora (1876), 362.

HER.: auf Früchten und Zweigen von Acacia horrida, Windhoek, Dinter.

Uredo spec.

GR. NAM.: Südabhang der östlichen Auasberge, Dinter 815.

Polyporaceae.

Fomes nigro-laccatus Cooke in Grev. IX (1880—81), 97.

AMB.

Polyporus cingulatus Fr. Epicr. (1836—38), 467.

AMB.

P. demissus Berk. in Hook. Lond. Journ. IV (1845), 52.

AMB.

Polystictus funalis Fr. Epicr. (1836—38), 459.

AMB.

***P.* occidentalis** Klotzsch in Linnaea VIII (1833), 486 sub Polyporus.

HER.: Amutoni, Dinter.

Agaricaceae.

Collybia ratticauda Fayod in Abh. Bot. Ver. Prov. Brandenb. XXXI (1889), 228.

AMB.

Dermocybe spec.
AMB.

Schinzinia pustulosa Fayod in Abh. Bot. Ver. Prov. Brandenb. XXXI (1889), 227, t. III.
AMB.

Schizophyllum commune Fr. Syst. Myc. I (1821), 333.
AMB.

Marasmius spec.
AMB.

Psalliota africana Fayod in Abh. Bot. Ver. Prov. Brandenb. XXXI (1889), 225.
AMB.

P. amboensis Fayod in Abh. Bot. Ver. Prov. Brandenb. XXXI (1889), 224.
AMB.

Naucoriape diades Fr. Syst. Myc. I (1821), 290 var. ***obscuripes*** Fayod in Abh. Bot. Ver. Prov. Brandenb. XXXI (1889), 226.
AMB.

N. semiorbicularis Bull. Champ. de la France (1791—1812), t. 422.
AMB.

Lycoperdaceae.

Lycoperdon cf. ***capense*** Cooke et Mass. in Journ. Microsc. Soc. (1887), 714.
AMB.

Catastoma cf. **pedicellatum** Morg. in Journ. Cinc. Soc. Nat. Hist. XIV (1892), 143.
HER.: Orumbo, Dinter.

Geaster cf. ***ambiguus*** Mont. Flor. boliv. (1839), 47.
AMB.

G. cf. ***fimbriatus*** Fr. Syst. Myc. III (1829), 16.
AMB.

***G.* Mac Owani** Kalchbr. in Grev. X (1882), 108.
HER.: Orumbo, Humusboden in Acacia horrida Beständen, Dinter 1323.

? ***G.* Schweinfurthii** Hennings in Engl. Bot. Jahrb. XIV (1891), 361.
HER.: Orumbo, Dinter 1323 a.

***G.* striatus** DC. Fl. Franç. II (1815).
HER.: Orumbo, Dinter 1323 b.

Podaxaceae.

Podaxon aegytiacus Mont. Syll. Crypt. (1856), n. 1044.
AMB. Möglicherweise gehört dieses Exemplar doch eher zu Geaster Schweinfurthii Hennings.

P. carcinomalis (L.) Fr. Syst. Myc. III (1829), 62.
GR. NAM.: im Süden, Schultze.
AMB.

Dinter (Deutsch-Südwest-Afrika 1909), 36 nennt von Pilzen auch Broomeia capensis. Nun kommt in der Kapkolonie, im Distrikt Albany und wohl auch noch anderwärts eine Broomeia congregata Berkeley (in Hook. London Journal III (1844), 93) vor, eine zweite afrikanische Art dieser Gattung ist mir dagegen nicht bekannt.

Tulostomataceae.

Tulostoma cf. **Meyenianum** Klotzsch in Nov. Act. Leop. XIX suppl., 243.
HER.: Gam Koichas, Dinter 475.

Phoma Welwitschiae Massee in Kew Bull. (1910), 253.
HER.: bei Welwitsch, an den abgestorbenen Blattenden der Welwitschia, Worsdell.

Hymenogastrineae.

Polyplocium inquinans Berk. in Lond. Journ. of Bot. II (1843), 203.
HER.: Brakwaterstation, Dinter.

Lichenes.

Bestimmt von Prof. Dr. **Jean Müller-Argov.** (Genf) †.

Amphiloma elegans Körb. Syst. (1855), 110.
GR. NAM.: | Obib, nördlich vom Oranjefluss, auf Quartz, Schenck.

A. elegantissima (Nyl.) Müll. Arg. Lich. Beitr. in Flora LXXI (1888), 529.
GR. NAM.: | Obib, nördlich vom Oranjefluss, auf Quartz, Schenck.

A. eudoxum Müll. Arg. l. c., 44.
GR. NAM.

***A.* leucoxanthum** Müll. Arg. l. c., 139.
GR. NAM.: Lüderitzbucht, der Rinde von Sarcocaulon-Arten aufsitzend, Schinz.

A. sanguineum Müll. Arg. l. c., 530.
GR. NAM.

Blastenia confluens Müll. Arg. l. c., 46.
GR. NAM.

B. punicea Müll. Arg. l. c. 45.
GR. NAM.

Buellia Schinziana Müll. Arg. l. c., 46.
GR. NAM.

Combea mollusca (Ach.) Nyland. Syn. meth. Lich. I (1858—1860), 257.
GR. NAM.: *Insel Possession, Schultze 21.

Lecidea decipiens (Ehrh.) Ach. Method. Lich. (1803), 80.
HER.: Brakwater, Dinter.

Gasparrinia spec.
GR. NAM.: Lüderitzbucht, Schultze 52.

Parmelia conturbata Müll. Arg. l. c., 44.
GR. NAM.

***P.* hottentotta** (Thunb.) Ach. Method. Lich. (1803), 219.
HER.: Kap Cross, Schultze 28, 29, 53b.

P. lecanoracea Müll. Arg. l. c., 529.
GR. NAM.

P. Schenckiana Müll. Arg. l. c., 529.
GR. NAM.

Physcia flammula (Ach.) Nyl. Syn. meth. Lich. I (1858—1860), 412.
GR. NAM.: *Insel Possession, Schultze 22.

Pysona spec.
HER.: Amutoni, Dinter 755.

Ramalina melanothrix Nyl. Syn. meth. Lich. (1858—60), 290.
GR. NAM.

Roccella hereroensis Wainio in Mém. Herb. Boiss. N⁰ 20 (1900), 4.
HER.: Tsoachaub, Dinter 93.

***Theloschistes* chrysocarpoides** Wainio in Mém. Herb. Boiss. N⁰ 20 (1900), 4.
HER.: Tsoachaub, Dinter 50.

***T.* capensis** (Ach.) Wainio ined.
HER.: Tsoachaub, Dinter 51.

T. flavicans Norm. Conat. Gen. Lichen. (1852), 17 var. ***pubera*** (Ach.) Müll. Arg. in Flora LXXI (1888), 529.
GR. NAM.

T. spec.
HER.: Kap Cross, Schultze 53a.

Xanthoria turbinata Wainio in Mém. Herb. Boiss. N° 20 (1900), 4.
HER.: Tsoachaub, Dinter 49.

Hepaticae.

Bestimmt von **Franz Stephani** (Leipzig).

Ricciaceae.

Ricciella Rautanenii Steph. in Bull. Herb. Boiss. III (1895), 374.
HER.: Tsoachaub-Bett bei Nonadas, Dinter 92.

Marchantiaceae.

Exormotheca Holstii Steph. in Bull. Herb. Boiss. VII (1899), 219.
HER.: Ebene des Waterberges, an einer Wasserbank, Dinter 569.

Plagiochasma Dinteri Steph. in Bull. Herb. Boiss. 2e sér. I (1901), 762.
HER.: Kranzfontein, Dinter 709.

Anthocerotaceae.

Anthoceros communis Steph. in Bull. Herb. Boiss. V (1897), 86.
HER.: Waterberg, Dinter 428.

Musci.

Bestimmt von **Adalbert Geheeb** (Freiburg i./Br.) †.

Barbula torquatifolia Geheeb in Bull. Herb. Boiss. IV (1896) 410.
AMB.: Oshando, Schinz.

Entosthodon rivalis Geheeb l. c. 411.
GR. NAM.: bei | Aus, unter Felsen am Flussbett, Schinz. Viel häufiger als die folgende Art.

E. Schinzii Geheeb l. c. 411.
GR. NAM.: Comagas, an feuchten Granitfelsen, Schinz.

Filicales.

Bestimmt zum Teil von Dr. **Herm. Christ** (Basel).

Polypodiaceae.

Dryopteris Thelypteris (L.) A. Gray Man. ed. I (1848), 630.
Aspidium Thelypteris (L.) Sw. in Schrad. Journ. II (1800), 40.

D. Thelypteris (L.) A. Gray var. ***squamuligerum*** Schlechtend. Adumbrat. (1825), 23.

Nephrodium squamulosum Hook. Fl. N. Zeal. II (1854), 39.

HER.

AMBOELLA: *am Habungu, auf sumpfigem Moorboden, vom Kuebe ab ostwärts überall in Sümpfen verbreitet, Baum 481.

Microlepia speluncae (L.) Moore Ind. (1857), XCIII.

HER.: Waterberg, feuchte Waldstellen, Dinter 403.

Ceterach cordatum (Thunb.) Desv. Prodr. (1827), 223, var. ***namaquense*** Pappe et Raws. Syn. (1858), 42.

GR. NAM.

HER.: Kranzfontein, an schattigen Kalkfelsen, Dinter 711.

Pellaea hastata (Thunb.) Prantl in Engl. Bot. Jahrb. III (1882), 418.

Pellaea calomelanos Link Fil. Sp. (1841), 61.

GR. NAM.: !Gubub, Dinter 985; Geitse !gubib bei Bersaba, Dinter.

HER.: Windhoek, Dinter 224; Sperlingslust („Dinter") in schattigen Schluchten, Okahandja, Dinter II 59.

KAL.: *Kwebe Hügel beim Ngami See, Lugard 226 A.

Doryopteris deltoidea (Kze.) Diels in Engl. u. Prantl Natürl. Pfl. Fam. I (1899), 269.

Pellaea deltoidea (Kze.) Baker Syn. Fil. (1868), 146.

GR. NAM.: ! Gubub, Dinter 987; Graaspoort, Dinter.

Notholaena Eckloniana Kze. in Linnaea X (1836), 501.

GR. NAM.: Geitse ! gubib bei Bersaba („Dinter").

HER.: Ujams, Dinter 235.

***N.* Marlothii** Hieronymus ined.

HER.: Okahandja, Dinter 386.

N. Rawsoni Pappe in Pappe et Raws. Syn. (1858), 42.

GR. NAM.: | *Aus,* Dinter 990.

HER.

Adiantopsis capensis (Thunb.) Fée Gen. (1850—52), 145.

KAP-KOL.: zwischen Natvoet und dem Oranjefluss, Drège.

Cheilanthes hirta Sw. Syn. (1806), 128, 329 var. ***parviloba*** (Sw.) Kze. in Linnaea X (1836), 541.

GR. NAM.: östliche Auasberge, Dinter 875.

HER.: Ujams, Dinter 237; Eros, Dinter 1345; schattige Felsen, Okahandja, Dinter II 392.

***C.* multifida** Sw. Syn. (1806), 129 u. 334.

HER.: Windhoek, Dinter 237; Ujams, Dinter 237 a.

Adiantum Capillus Veneris L. Spec. Pl. ed. I (1753), 1096.
GR. NAM.:
HER.: häufig in Grootfontein, Dinter 707, und an vielen Quellen der Umgegend, so auch in Kranzfontein („Dinter").

Actiniopteris australis (L.) Link Fil. Spec. (1841), 80.
Actiniopteris dichotoma (Forsk.) Mett. ex Engl. Bot. Jahrb. XIX (1895) 129.
HER.: Otavi, Dinter 653; Usakos, Kranzfontein („Dinter").
KAL.: *Kwebe-Hügel beim Ngami See, Lugard 167, 225.

Pteris longifolia L. Spec. Pl. ed. 1 (1753), 1074.
HER.: Grootfontein, an der Kalksteinquelle, Dinter 675.

Schizaeaceae.

Mohria caffrorum (L.) Desv. Prodr. (1827) 198.
GR. NAM.: ! Gubub, Dinter 988, 989.

Marsiliacae.

***Marsilia* biloba** Willd. Spec. Plant. V. (1810), 540.
KAP-KOL.: Verleptpram, Drège.

M. cf. **crenulata** Desv. Prodr. (1827), 179.
HER.: Okaruse, Tümpelrand, Dinter 610, fr. IV.; Seeis, im trockenen Flussand, Dinter 1388, fr. XII.

***M.* diffusa** Lepr. ex. A. Braun in Flora (1839), 300.
HER.: Ondorangombe, Dinter 594.

***M.* pygmaea** A. Brongn. Dict. class. X (1826), 199.
AMB.: Olukonda, mit Nesaea und Scirpus zusammen, Rautanen 217.

M. spec. (? = *M. Fischeri* Hieronymus in Engl. Deutsch-Ost-Afrika, V, C (1895), 90).
HER.

Salviniaceae.

Azolla pinnata R. Br. Prodr. (1810), 167 var. **africana** Desv. Prodr. (1827), 178 p. sp.
AMB.: * linkes Kuneneufer, oberhalb Onkumbi, Baum 105.

Ophioglossacae.

***Ophioglossum* fibrosum** Schum. Dansk. Vid. Selsk. Afh. IV (1827), 226.
GR. NAM.: Inachab, Dinter 992, fr. XII.
HER.: östlich von Windhoek, auf Sandboden, Dinter 339, fr. II.
O. aphrodisidiacum Welw. ap. Eichler im Jahrb. K. Bot. Garten Berlin III (1884), 326.

O. vulgatum L. Spec. Pl. ed. I (1753), 1062.

GR. NAM.: | Aus, Pearson.

HER.: Osona, Buschsteppe, Dinter II 364, fr. I.

AMB.

„*Omundove*“ (Otji.); wird von den Ovaherero wie Spinat gegessen.

Equisetaceae.

Equisetum ramosissimum Desf. Fl. Atl. II (1800), 398.

KAP-KOL.: Mündung des Oranjeflusses, Drège (sub E. elongatum).

Gnetaceae.

***Welwitschia* Bainesii** Carr. Tr. des Conif. ed 2 (1867), 783.[1])

Tumboa Welw. in Gard. Chron. (1851), 75.

Tumboa Bainesii Hooker in Gard. Chron. (1861), 1008.

Welwitschia Hooker in Gard. Chron. (1862), 71 et in Trans. Linn. Soc. XXIV (1863), 6.

Welwitschia mirabilis Hooker in Gard. Chron. (1862), 71 et in Trans. Linn. Soc. XXIV (1863), 6, t. 1—14.

GR. NAM.: H. H. W. Pearson, dem wir eine Reihe vorzüglicher Untersuchungen über die Entwicklung der männlichen und weiblichen Blüten vor und nach der Befruchtung von W. Bainesii verdanken, erwähnt (in The Geographical Journal XXXV [1910], 481), gestützt auf Mitteilungen des Landesgeologen Dr. Range, das Vorkommen dieser seltsamen Pflanze im südlichen Teile von Gross-Namaland, nämlich 31 km südlich von Gorup.

Nachdem Pearson (Phil. Trans. R. Soc. London Ser. B 198 (1906), 275) die Richtigkeit meiner Angabe, dass die sich stets auf den Inflorescenzen der Welwitschien vorfindende Milbe Odontopus sexpunctatus Laporte in einer gewissen Beziehung zur Welwitschia stehen dürfte [ich dachte an eine Beteiligung bei der Bestäubung (in Bull. Herb. Boiss. IV App. III (1896), 8)], bezweifelt hatte, hebt derselbe Autor nunmehr auf Grund erneuter Untersuchungen (l. c. vol. 200 [1910], 343) nun selbst hervor, dass die von mir angenommene Rolle der genannten Milbe offenbar zukomme.

HER.

---

[1]) Anlässlich des 1910 in Brüssel stattgehabten internationalen Botaniker-Kongresses wurde in der letzten Sitzung der Nomenklatur-Kommission auf Antrag von Dr. Rendle (London) beschlossen, Tumboa wiederum durch die üblichere Bezeichnung Welwitschia zu ersetzen; dieser Beschluss berechtigt nun allerdings noch nicht, auch wiederum den Speziesnamen mirabilis einzuführen.

Monocotyledones.

Typhaceae.

Typha* angustifolia** L. Spec. pl. ed. I (1753), 971 ssp. ***australis (Schum. et Thonn.) Gräbner in Engl. Pflanzenr. IV 8 (1900), 13.

GR. NAM.

HER.

AMB.: Amutoni, Dinter 752.

***T.* latifolia** L. Spec. pl. ed. I (1753), 971 ssp. **capensis** Rohrb. in Verh. Bot. Ver. Prov. Brandenbg. XI (1869), 96.

HER.: Tsaobis, Dinter 188; Okahandja?, Otjiunukojo („Dinter").

Potamogetonaceae.

Potamogeton javanicus Hassk. in Act. Soc. sc. Indo-Neerl. (1854), 26.

MOSS.: *Onkumbi, Baum 96.

P. pectinatus L. Spec. pl. ed. I (1753), 127.

HER.

AMB.

Zannichellia palustris L. Spec. pl. ed. I (1753), 969.

GR. NAM.: Oranjeflussmündung, Drège 8801; Inachab, Dinter 924, fr. XI.

HER.: Okaukuejo, Dinter 740, fr. VII; Aukas, Grootfontein, Grossbarmen, Okandu, Windhoek („Dinter").

Aponogetonaceae.

***Aponogeton* Dinteri** Engl. et Krause in Engl. Bot. Jahrb. XXXVIII (1905), 92.

HER.: Waterbergplateau, Dinter, pl. IV; Otjimbingue, Fischer 165; Kubas, Otavi, Neudamm („Dinter").

„*Ondapa*" (Osh.).

A. Kraussianus Hochst. in Flora (1845), 343.

Aponogeton leptostachyus E. Mey. ex Baker in Trans. Linn. Soc. XXIX (1875), 158 nom. nudum!

Aponogeton abyssinicus Schinz in Bull. Herb. Boiss. IV (1896), App. III, 9 non Hochst.

GR. NAM.: Garris, Schinz 779; Daberas, Fleck 250 a.

HER.: Omboatjipiro, sparsam in einem grossen Tümpel, Dinter 514, bl. III.

A. spathaceus E. Mey. in Linnaea XX (1847), 215 var. ***junceus*** Hook. in Bot. Mag. (1878), t. 6399.

AMB.: Olukonda, Rautanen, bl. III; Ombalambuenge, Rautanen 168, bl. III; *Omupanda in Uukuanyama, Wulfhorst 34, 35.

A. **Rehmannii** Oliv. in Hook. Icon. pl. (1884), t. 1471 var. **hereroensis** (Schinz) Engl. et Krause in Engl. Pflanzenreich IV, 13 (1906), 16.

A. hereroensis Schinz in Bull. Herb. Boiss. 2. sér. I (1901), 764.

HER.: östlich von Windhoek in Tümpeln, Dinter 828. 589, bl. II.; Ebene nördlich vom Waterberg, Dinter 589a, bl. IV; Spitzkoppjes, Farm Hoffnung, Otavi („Dinter").

„Ondate" (Otji).

Hydrocharitaceae.

Bestimmt von Prof. Dr. **P. Ascherson** (Berlin) und Prof. Dr. **M. Gürke** (Berlin) †.

Lagarosiphon muscoides Harv. in Hook. Journ. Bot. IV (1842), 230, t. 22.

HER.: Omboatjipiro, sparsam in einem grossen Tümpel, Dinter 513, steril.

AMB.: Ondonga, Rautanen 141, bl. I—II.

KAL.: *Nocana* (nicht Nukain).

L. Schweinfurthii Casp. in Bot. Zeitung (1870), 80.

AMB.

Boottia exserta Ridley in Journ. Linn. Soc. XXII (1886), 240.

AMB.: Ondonga, Kestila 124, bl. III.

B. **kunenensis** Gürke in Baum Kunene-Sambesi Exped. (1903), 172.

MOSS.: *in Tümpeln am Kunene zwischen Kiteve und Onkumbi, Baum 962, fl. VI.

B. **muricata** C. H. Wright in Thiselton Dyer Fl. trop. Afr. VII (1899), 569.

KAL.: *Ngamibassin, Lugard 13, 279.

B. Schinziana Aschers. und Gürke in Bull. Herb. Boiss. III (1895), 376.

AMB.: *Omupanda in Uukuanyama, Wulfhorst 32.

Ottelia lancifolia Rich. Tent. Fl. Abyss. II (1851), 280, t. 95.

AMB.

Alismataceae.

Bestimmt von Prof. Dr. **Fr. Buchenau** (Bremen) †.

Rautanenia Schinzii Fr. Buchenau in Bull. Herb. Boiss. V (1897), 854.

Echinodorus Schinzii Fr. Buchenau in Bull. Herb. Boiss. IV (1896), 413.

AMB.: Ombalambuenge, Rautanen 159; Olukonda, Rautanen 222.

Limnophyton obtusifolium (L.) Miq. Fl. Ind. Bat. III (1855), 242.
KAL.: *Botletletal, Lugard 206.

Da diese Art auch von Baum und zwar auf dem rechten Kubangoufer, oberhalb der Kueio-Mündung gefunden worden ist, dürfen wir sie höchst wahrscheinlich auch im Caprivizipfel erwarten.

Gramineae.

Bestimmt von Prof. Dr. **E. Hackel** (Attersee).

Zea Mays L. Spec. Pl. ed. I (1753), 1378.
Überall in Kultur.

Imperata cylindrica (L.) Pal. var. ***Thunbergii*** Hackel in DC. Monogr. Phan. VI (1889), 94.
*KAL.: *Mutschumi* (anstatt Mutschama).

Cladoraphis Duparqueti Franch. in Bull. Soc. Linn. Paris (1887), 673.
HER.: Walfischbai, Duparquet.

Andropogon appendiculatus Nees Fl. Afr. austr. (1841), 105 var. ***polycladus*** Hackel in Bull. Herb. Boiss. IV (1896) App. III.
HER.

A. ***commutatus*** Steud. Syn. pl. glum. I (1885), 387.
GR. NAM.: (anstatt HER.).

A. ***contortus*** L. Spec. Pl. ed. I (1753), 1045 var. ***genuinus*** Hackel in DC. Monogr. Phan. VI (1889), 586 subvar. ***typicus*** Hackel l. c.
GR. NAM.: Veldschoenhorn, Dinter 1099, fl. II.
AMB.

A. **eucomus** Nees Fl. Afr. austr. (1841), 104. fide Pilger in Notizbl. Bot. Gart. Berlin (1910), 135.
Standort ?

A. **Gayanus** Kunth Rev. Gram. I (1829), 163 var. **cordofanus** (Hochst.) Hackel in DC. Monogr. Phan. VI (1889), 448.
AMB.: zwischen Ondonga und Uukuanyama, Rautanen.

A. ***hirtus*** L. Spec. Pl. ed. I (1753), 1046.
HER.

A. ***Ischaemum*** L. Spec. Pl. ed. 1 (1753), 1047 var. ***radicans*** Hackel in DC. Monogr. Phan. IV (1889), 476.
HER.

A. ***macrolepis*** Hackel in Flora (1885), 125.
KAL.

A. ***melanocarpus*** Ell. Sketch. Bot. S. Carol. I (1821), 146.
AMB.

A. Nardus L. Spec. Pl. ed. 1 (1753), 1046 var. ***marginatus*** Hackel in DC. Monogr. Phan. IV (1889), 607.
HER.

A. Schinzii Hackel in DC. Monogr. Phan. IV (1889), 458.
HER.
AMB.

A. Schoenanthus L. Spec. Pl. ed. I (1753), 1045.
GR. NAM.
HER.

A. Sorghum Brot. Fl. Lusit. I (1804), 88.
Reichlich kultiviert bei den Aajamba.

Anthephora Hochstetteri Nees in Flora (1844), 249.
AMB.

A. pubescens (Lichtenst.) Nees Fl. Afr. austr. (1841), 74.
HER.

A. pubescens (Lichtenst.) Nees l. c. 74 var. **cinerascens** Hackel nov. var.
Differt a typo foliis molliter pubescentibus, emortius cinerascentibus.
KAP-KOL.: Blydeverwacht, Fleck 294 a.
A. pubescens ist ein vorzügliches Futtergras.

A. Schinzii Hackel in Abh. Bot. Ver. Prov. Brandenbg. XXX (1888), 139.
AMB.: Olukonda, Rautanen.

A. undulatifolia Hackel in Bull. Herb. Boiss. IV App. III (1896).
GR. NAM.

Perotis latifolia Ait. Hort. Kew. I (1789), 85.
HER.: Waterbergplateau, Dinter 584.
AMB.: Rautanen; Ondonga, Kestila 78.

P. vaginata Hackel in Bull. Herb. Boiss. 2me sér. VI (1906), 704.
AMB.: zwischen Ondonga und Uukuanyama, Rautanen.
Bestes Viehfutter.

Monelytrum Lüderitzianum Hackel in Abh. Bot. Ver. Brandenb. XXX (1888), 140.
HER.

Tragus Berteroanus Schult. Mant. pl. II (1824), 205.
GR. NAM.: Inachab, Dinter 1101.
AMB.: Olukonda, Rautanen; *Uukuanyama, Kestila 101.

Anthaenantia glauca Hackel in Abh. Bot. Ver. Prov. Brandenb. XXX (1888), 237.
GR. NAM.

Panicum brachyurum Hackel in Abh. Bot. Ver. Prov. Brandenb. XXX (1888), 142.
AMB.: zwischen Ondonga und Uukuanyama, Rautanen 592.

***P.* chromatostigma** Pilger in Engl. Bot. Jahrb. XXXIII (1902), 48.
HER.: Otjimbingue, Fischer.

***P.* Colonum** L. Syst. Veg. ed. 10 (1759), 870.
AMB.: zwischen Ondonga und Uukuanyama, Rautannen 740.

— — var. **atroviolaceum** Hackel nov. var.
Differt a typo spiculis atroviolaceis parce viridi variegatis.
AMB.: zwischen Ondonga und Uukuanyama, Rautanen 741.

P. geminatum Forsk. Fl. Aegypto-Arab. (1775), 18.
HER.

P. glomeratum Hackel in Abh. Bot. Ver. Prov. Brandenb. XXX (1888), 141.
GR. NAM.: Inachab, im Sande, Dinter 1093, fl. XII.
HER.

P. Isachne Roth Nov. Pl. Spec. (1821), 54.
HER.: Otjiuka, Dinter 637.

P. laevifolium Hackel in Bull. Herb. Boiss. III (1895), 378 var. **amboense** Hackel nov. var.
Differt a typo spiculis brevis, pedicellatis subterminalibus spicula vix v. paullo longioribus apice haud clavatis culmo elatiore.
AMB.: zwischen Ondonga und Uukuanyama, Rautanen 593.

P. lycopodioides Bory mss. ex Nees in Mart. Fl. Bras. ed. I, II (1829), 236.
HER.

P. madagascariense Spreng. Syst. veget. I (1825), 317.

— — var. **minus** Hackel in Engl. Bot. Jahrb. XI (1887).
HER.: Quaaipits, Dinter 184.

***P.* mesocomum** Nees. Fl. Afr. austr. (1841), 34.
KAP-KOL.: Verleptpram, Drège.

***P.* minus** Stapf in Thiselton Dyer Fl. Cap. VII (1899), 410.
KAP-KOL.: Verleptpram, Drège (sub P. coloratum L. var. α Nees).

P. **nigropedatum** Munro ex Ficalho et Hiern in Trans. Linn. Soc. Ser. 2, II (1881), 29.
AMB.: Olukonda, Rautanen.

P. numidianum Lam. Encycl. I (1791), 172.
GR. NAM.
HER.

P. **Rautanenii** Hackel in Bull. Herb. Boiss. 2[e] sér. II (1902), 935.
AMB.: Olukonda, Rautanen.

P. sagittaefolium Hochst. ex Steud. Syn. Pl. Gram. (1855), 54.
AMB.

P. **Schinzii** Hackel in Abh. Bot. Ver. Prov. Brandenb. XXX (1888), 142.
AMB.: Olukonda Rautanen.

P. **trichopus** Hochst. in Flora XXVII (1844), 254.
KAL.: *Kwebehügel beim Ngami See, Lugard 163.

P. xantholeucum Hackel in Abh. Bot. Ver. Prov. Brandenb. XXX (1888), 141.
HER.: Onjoajahere, Dinter 474.
AMB.

P. spec.
GR. NAM.

P. spec.
HER.

P. spec.
HER.

P. spec. aff. colorato L.
GR. NAM.

Digitaria eriantha Steud. in Flora (1829), 468.
Panicum commutatum Nees var. genuinum Hackel in Durand et Schinz Consp. Fl. Afr. V (1894), 744.
GR. NAM. (Kudis ist auch in GR.-NAM. gelegen, KAL. daher zu streichen).

Melinis arenaria (Nees) Hackel in Oest. Bot. Zeitschr. LI (1901), 464 var. **glauca** (Stapf) Schinz nov. comb.
Tricholaena arenaria Nees Ind. Sem. hort. Vratisl. (1835) ex Nees Fl. Afr. Austr. (1841), 20 var. glauca Stapf in Thiselton Dyer Fl. Cap. VII (1900), 446.
GR. NAM.: ≠ Kuias, Schenck 80.

M. previpila (Hackel) Hackel in Oest. Bot. Zeitschr. (1901), 464.

Tricholaena brevipila Hackel in Abh. Bot. Ver. Prov. Brandenb. XXX (1888), 143.

GR. NAM.

HER.: Spitzkoppjes, auf feuchtem Boden, Dinter 76 (forma pilis glumarum longioribus quam in typo).

M. grandiflora (Hochst.) Hackel in Oest. Bot. Zeitschr. (1901), 464.

Tricholaena grandiflora Hochst. ex Rich. Tent. Fl. Abyss. II (1851), 445.

HER.

M. rosea (Nees) Hackel in Oest. Bot. Zeitschr. (1901), 464.

Tricholaena Dregeana (Nees) Durand et Schinz Consp. Fl. Afr. V (1894), 769.

Tricholaena rosea Nees Cat. Sem. Hort. Vratisl. (1835) ex Nees Fl. Afr. Austr. (1841), 16.

Tricholaena ruficoma (Hochst.) Durand et Schinz Consp. Fl. Afr. V (1894), 770.

Tricholaena sphacelata Benth. in Hook. Niger Flora (1849), 559.

GR. NAM: Kuddis (liegt nicht in der Kalachari).

AMB.: *Omupanda in Uukuanyama, Wulfhorst 10; zwischen Ondonga und Uukuanyama, Rautanen 594.

KAL.: *Kwebe Hügel beim Ngami See, Lugard 162.

M. spec.

GR. NAM.

Setaria ambigua Guss. Syn. fl. Sicul. I (1842), 114.

HER.

S. appendiculata (Hackel) Stapf in Thiselton Dyer Fl. Cap. VII (1900), 422.

Panicum appendiculatum Hackel in Bull. Herb. Boiss. IV (1896), App. III, 13.

GR. NAM.

HER.: Omaruru, in Felsen, Dinter 1430.

AMB.: *Omupanda in Uukuanyama, Wulfhorst 11.

S. glauca (L.) Palisot Essai Agrostogr. (1812), 51.

KAP-KOL.: Verleptpram, Drège (sub Panicum Rottleri).

GR. NAM.

S. hereroensis Herrm. in Cohn, Beiträge zur Biologie der Pflanzen, X (1909), 43.
HER.: bei Omaruru an Felsen, Dinter 1430.

S. verticillata (L.) Palisot Essai Agrostogr. (1812), 51.
KAP-KOL.: Verleptpram, Drège.
HER.: Tsoachaubmund, Dinter 84; Okahandja, im Schatten von Akazien, Lindner; Otjimbingue, Fischer 63.
AMB.: zwischen Ondonga und Uukuanyama, Rautanen 591. „*Oviramata*“ (Otji).

Pennisetum breviflorum Steud. Syn. Pl. Gram (1855), 107.
GR. NAM.

P. ciliara (L.) Link Hort. bot. Berol. I (1827), 213.
HER.

P. Myurus Parl. ex Webb in Hook. Niger Fl. (1849), 183.
AMB.

***P.* cenchroides** A. Rich. in Pers. Syn. I (1805), 72.
KAP-KOL.: Verleptpram, Drège.
HER.: Salem, Dinter 166.

P. pentastachyum Hochst. ex A. Rich. Tent. Fl. Abyss. II (1851), 387.
GR. NAM.

P. purpurascens (Schrad.) Anderss. in Peters Mossamb. II (1864), 522.
HER.

P. spicatum (L.) Kcke. in Kcke. et Wern. Handb. des Getreidebaues, I (1885), 284.
HER.: Otavi, Dinter 644 (kult.).
AMB.: überall in Kultur.
KAL.: **Ngamibassin*, kultiviert.

P. Thunbergii Kunth in Rev. Gram. I (1829), 50.
GR. NAM.
HER.

P. spec. (aff. spicato).
AMB.

Aristida adscensionis L. Spec. pl. ed. 1 (1753), 82 var. ***breviseta*** (Hackel) Schinz nov. comb.
HER.
Der Typus zwischen *Natvoet in der KAP-KOL. und dem Oranjefluss.

A. alopecuroides Hackel in Abh. Bot. Ver. Prov. Brandenb. XXX (1888), 144.
AMB.

A. brevifolia Steud. Nomencl. bot. ed. 2, I (1840), 130.
GR. NAM.

A. ciliata Desf. in Schrad. N. Journal f. Bot. III (1809), 255.
KAP-KOL.: Mündung des Oranjeflusses, Drège.
GR. NAM.: Inachab, Dinter 1104.
HER.
„*Hawobib*" (Nam.).

— — var. ***tricholaena*** Hackel in Bull. Herb. Boiss. IV (1896) App. III, 18.
GR. NAM.

— — var. ***villosa*** Hackel in Bull. Herb. Boiss. IV (1896) App. III, 18.
GR. NAM.: bei Lüderitzbucht, Schultze 140 a und b.

A. congesta Roem. et Schult. Syst. veget. II (1817), 401.
GR. NAM.
HER.: Nord-Anias, Brauer.

A. Dregeana (Nees) Trin. et Rupr. in Mém. Acad. Pétersb., sér. 6, V (1842), 169.
KAP-KOL.: Mündung des Oranjeflusses, Drège.
GR. NAM.
HER.

***A.* Dinteri** Hackel in Bull. Herb. Boiss. 2me sér. I (1901), 767.
HER.: im Bett des ╪ Kan-Flusses, Dinter 1485.

***A.* fastigiata** Hackel in Bull. Herb. Boiss. 2me sér. I (1901), 768.
GR. NAM.: Inachab, Dinter 1102.

***A.* geminifolia** Trin. et Rupr. in Mém. Accad. Pétersb., sér. 6, V.
KAP-KOL.: Oranjefluss-Mündung, Drège.

A. gracillima Oliv. in Trans. Linn. Soc. XXIX (1875), 173.
AMB.

A. hirtigluma Steud. Nomencl. bot. ed. 2, I (1840), 131.
GR. NAM.

A. Hochstetteriana Beck mss. ex Hackel in Abh. Bot. Ver. Prov. Brandenb. XXX (1888), 144.
GR. NAM.: Inachab, Dinter 1103.
HER.

A. lutescens (Nees) Steud. Syn. pl. glum. I (1855), 145.
KAP-KOL.: Mündung des Oranjeflusses, Drège.
HER.: Dünen der Rooibank hinter der Walfischbai, Schultze.

A. lutescens (Nees) Steud. l. c. var. ***Marlothii*** (Hackel) Stapf in Thiselton Dyer Fl. Cap. VII (1900), 567.

A. *Marlothii* Hackel in Engl. Bot. Jahrb. XI (1890), 400.

HER.

A. namaquensis (Nees) Trin. et Rupr. in Mém. Acad. Pétersb., sér. 6, V (1842), 74.

GR. NAM.: Inachab, Dinter 1108; Riviersohle des Koankip bei Chamis, Schultze 471.

A. obtusa Del. Fl. d'Egypte (1813), 13, t. XIII, f. 2.

GR. NAM.: Inachab, Dinter 1109.

HER.

A. prodigiosa Welw. in Trans. Linn. Soc. XXVII (1869), 80.

GR. NAM.

AMB.

A. pungens Desf. Fl. Atlant. I (1798), t. XXXV, 109.

GR. NAM.

A. stipitata (Hackel) in Abh. Bot. Ver. Prov. Brandenb. XXX (1888) 243.

AMB.: Namakunde in Uukuanyama, Rautanen.

***A.* stipoides** Lam. Illustr. Genr. Encycl. I (1791), 157 var. **meridionalis** Stapf in Thiselton Dyer Fl. Cap. VII (1899), 562.

AMB.: zwischen Ondonga und Uukuanyama, Rautanen 588.

Beinahe alle Autoren, mit Ausnahme von Stapf in Thiselton Dyer Fl. Cap. VII (1899), 562 schreiben *stipiformis* Lam., eine Bezeichnung, die falsch ist und davon herrührt, dass unbeachtet geblieben ist, dass Lamarck wohl im französischen Text l. c. die Pflanze *Aristide stipiforme* nennt, links davon auf derselben Buchseite aber der Art den Namen *Aristida stipoides* beilegt.

A. subacaulis (Nees) Steud. Nomencl. bot. ed. 2, I (1840), 132.

KAP-KOL.: Verleptpram, Drège.

GR. NAM.

HER.

***A.* sabulicola** Pilger in Engl. Bot. Jahrb. XL (1907), 81.

HER.: Dünen bei Rooibank hinter Walfischbai, Schultze 379; Dünen am ! Kuisib, Gürich 119, 122.

A. uniplumis Lichtenst. in Roem. et Schult. Syst. veget. II (1817), 404.

GR. NAM.: Lüderitzbucht, Schultze; Inachab, Dinter 1089.

HER.: Dabib, comm. Herb. Hamburg; var.? Otjitambi, Schlettwein; Voigtsgrund, Voigts („Dinter“).

AMB.

A. uniplumis Lichtenst. l. c. var. ***Neesii*** Walp. Annal. bot. III (1852), 750.
GR. NAM.
AMB.

A. vestita Thunb. Prodr. Cap. (1794), 19 var. ***diffusa*** (Trin.) Walp. Annal. bot. III (1852), 747.
HER.

A. spec.
HER.

A. spec.
HER.

A. spec.
HER.

Stipa parvula Nees Fl. Afr. austr. (1841), 169.
KAP-KOL.: Mündung des Oranjeflusses, Drège.
HER.

S. spec.
GR. NAM.

***Sporobolus* densissimus** Pilger in Engl. Bot. Jahrb. XLIII (1909), 91.
HER.: Okahandja, auf feinem Quarzsand, sowie in Ritzen des Glimmerschiefers, Dinter 546, bl. V.

S. nebulosus Hackel in Engl. Bot. Jahrb. XI (1890), 402.
GR. NAM.: Inachab, Dinter 1090.
HER.

— — var. **perennis** Hackel ined.
HER.: Tsoachaub bei Salem, Dinter 159.

***S.* panicoides** A. Rich. Tent. Fl. Abyss. II (1851), 399.
HER.: Otavi, Dinter 618.

***S.* Rangei** Pilger in Engl. Bot. Jahrb. XLIII (1909), 385.
GR. NAM.: Chamis, am brakigen Quellensumpf, Range 470.

***S.* pungens** (L.) Kunth Rev. Gram. I (1829), 68.
KAP-KOL.: Mündung des Oranjeflusses, Drège.
GR. NAM.: Ebbe-Flutgrenze von Lüderitzbucht, Schultze 32.

***S.* robustus** Kunth Rev. Gram. II (1829?), 425, t. 126.
HER.: Alluvium des Tsoachaub bei Salem, Dinter 164.

S. virginicus (L.) Kunth Rev. Gram. I (1829), 17.
HER.

Polypogon monspeliensis (L.) Desf. Fl. Atlant. I (1798), 69.
KAP-KOL.: Verleptpram, Drège.
GR. NAM.
HER.: Tsoachaubmund, Dinter 65.

***Danthonia* curva** Nees Fl. Afr. austr. (1841), 328.
KAP-KOL.: Mündung des Oranjeflusses, Drège.

***D.* glauca** Nees Fl. Afr. austr. (1841), 327.
KAP-KOL.: Mündung des Oranjeflusses, Drège.

D. pumila Nees Fl. Afr. austr. (1841), 323.
KAP-KOL.: Mündung des Oranjeflusses, Drège.
HER.

***D.* Rangei** Pilger in Engl. Bot. Jahrb. XLIII (1909), 386.
GR. NAM.: | Aus, auf Sandflächen, in Büscheln wachsend, Range 89.

Cynodon Dactylon (L.) Pers. Syn. I (1805), 85.
KAP-KOL.: Verleptpram, Drège.
GR. NAM.
HER.: Tsoachaubmund, Dinter 71 (var.?).
AMB.: zwischen Ondonga und Uukuanyama, Rautanen 590.
„Onguena“ (Osh.); gutes Futter.

***C.* incompletus** Nees Fl. Afr. austr. (1841), 243.
KAP-KOL.: Oranjefluss-Ufer, Drège.

Willkommia annua Hackel in Abh. Bot. Ver. Prov. Brandenb. XXX (1888), 146.
AMB.: Olukonda, Rautanen.

W. sarmentosa Hackel in Abh. Bot. Ver. Prov. Brandenb. XXX (1888).
AMB.

Chloris barbata (L.) Sw. Fl. Ind. occ. I (1797), 200.
GR. NAM.
AMB.

C. virgata Sw. Fl. Ind. Occ. I (1797), 203.
C. compressa DC. Cat. Hort. Monspel. (1813), 94.
GR. NAM.: Inachab, Dinter 1096; Awichab, Dinter 1096 a.
HER.

Entoplocamia aristulata (Hackel et Rendle) Stapf in Thiselton Dyer Fl. Cap. VII (1900), 74.
Tetrachne aristulata Hackel et Rendle in Journ. of Bot. XXIX (1891), 72.
GR. NAM.: Veldschoenhorn, Dinter 1098.
HER.: Dinter 10.

Dactyloctenium aegyptiacum (L.) Willd. Enum. pl. Hort. Berol. (1809), 1029 var. ***mucronatum*** Schweinf. in Bull. Herb. Boiss. II (1894) App. III, 34.

AMB.: zwischen Ondonga und Uukuanyama, Rautanen 589.

Pogonarthria squarrosa (Lichtenst.) Pilger in Notizbl. Bot. Garten Berlin N° 46 (1910), 149.

Eragrostis Marlothii Hackel in Engl. Bot. Jahrb. XI (1889), 404.

Leptochloa falcata Hackel in Bull. Herb. Boiss. III (1898), 386.

Pogonarthria falcata Rendle ap. Stapf in Hook. Ic. Pl. (1899), t. 2610.

KAL.

AMB.: *linkes Kuneneufer, oberhalb Onkumbi, 1100 m, auf sandigem Boden in lichtem Wald, Baum 101.

***P.* tuberculata** Pilger in Engl. Bot. Jahrb. XLIII (1909), 92.

HER.: Rivier bei Station Teufelsbach, Dinter II 112; Nord-Anias, Brauer (comm. Herb. Hamburg).

Pappophorum cenchroides Lichtenst. in Roem. et Schult. Syst. veg. II (1817), 616.

GR. NAM.: Riviersohle des Koankip bei Chamis, Schultze 478.

HER.: Dabib (comm. Herb. Hamburg).

P. molle (Lehm.) Kunth Enum. pl. I (1833), 255.

GR. NAM.: Inachab, Dinter 1097.

P. scabrum (Lehm.) Kunth Enum. pl. I (1833), 255.

GR. NAM.: Inachab, Schluchten in den Sandsteinbergen, Dinter 1091, fl. XI.

P. spec.

GR. NAM.

P. spec.

GR. NAM.

Schmidtia pappophoroides Steud. in Schmidt Beitr. Fl. Cap-Verd. Inseln (1852), 144.

GR. NAM.

HER.: Tsoachaub, Dinter 59; Chelab, Dinter 1100; Nord-Anias, Brauer.

AMB.: zwischen Ondonga und Uukuanyama, Rautanen.

Vergl. Stapf in Thiselton Dyer, Fl. Cap. VII, 658.

S. quinqueseta Benth. mss. ex Ficalho et Hiern in Trans. Linn. Soc. ser. 2, II (1881), 31.

GR. NAM.

HER.: Ujams Dinter 234, fl. 1.

AMB.

KAL.

Oryza sativa L. Spec. Pl. ed. I (1753), 333.
AMB.: Olukonda, verwildert, Rautanen.

Chaetobromus involucratus Nees Fl. Afr. austr. (1841), 344.
KAP-KOL.: Mündung des Oranjeflusses, Drège.

Triraphis Elliotii Rendle in Journ. Linn. Soc. XXIX (1891), 73.
GR. NAM.

T. Fleckii Hackel in Bull. Herb. Boiss. IV (1896) App. III, 23.
GR. NAM.
HER.: Nonikam (comm. Herb. Hamburg).
AMB.: Namakunde in Uukuanyama, Rautanen (Form mit auffallend grossen Infloreszenzen).

T. **nana** (Nees) Hackel in Engl. Bot. Jahrb. XI (1890) 403 var. **conspicua** Hackel, differt a typo culmo elatiore usque ad 10 cm longo, panic. majore (2 cm), glumis fertilibus fere 3 mm longis.
KAP-KOL.: Verleptpram, Drège.
HER.: Tsoachaub bei Salem, Dinter 141.

T. purpurea Hackel in Abh. Bot. Ver. Prov. Brandenb. XXX (1888), 146.
GR. NAM.: südlich von | *Aus,* Pohle.

T. ramosissima Hackel in Abh. Bot. Ver. Prov. Brandenb. XXX (1888).
GR. NAM.

T. Schinzii Hackel in Abh. Bot. Ver. Prov. Brandenb. XXX (1888).
AMB.

T. spec.
GR. NAM.

Elytrophorus articulatus Palisot Essai Agrost. (1812), 67, t. 14, f. 2.
HER.: Okaruse, Dinter 605.

E. globularis Hackel in Bull. Herb. Boiss. 2e sér. II (1902), 935.
E. interruptus Pilger in Baum Kunene-Sambesi Expedit. (1903), 176.
AMB.: Olukonda, Rautanen; gefunden von Baum am linken Kunene-Ufer in der Nähe von Soba Gongo (?).

Microchloa caffra Nees Flor. Af. austr. (1884), 246.
AMB.: Olukonda, Rautanen.

Ehrharta brevifolia Schrad. in Goett. Gel. Anz. III (1821), 2077 var. **cuspidata** Nees Fl. Afr. austr. (1841), 204.
KAP-KOL.: Mündung des Oranjeflusses, Drège 2563.

E. pusilla Nees ex Trin. Phalar. 1839), 22.
KAP-KOL.: Mündung des Oranjeflusses, Ecklon.

E. barbinodis Nees ex Trin. Phalar. (1839), 20.
KAP-KOL.: Mündung des Oranjeflusses, Ecklon.

Arundo Donax L. Spec. Pl. ed. 1 (1753), 81.
Ausschliesslich kultiviert und zwar namentlich auf Missionsstationen, auf verlassenen Missionsstationen wohl auch verwildert; Otjisazu, Barmen, Horebis, Nabas, Gobabis etc. („Dinter").

Trichoon Phragmites (L.) Schinz et Thellung in Vierteljahrsschr. zürch. naturf. Ges. LIII (1908), 587 var. ***isiacus*** (Coss.) Schinz nov. comb.
Phragmites vulgaris (Lam.) Crep. Man. Fl. Belg. ed. 2 (1866), 345 var. *isiacus* Coss. in Coss. et Dur. Expl. scient. Algér. II (1854, 67), 125.
GR. NAM.
HER.
KAL.

Fingerhuthia africana Lehm. Cat. sem. hort. Hamb. (1834.)
HER.

Oropetium capense Stapf in Thiselton Dyer Fl. Cap. VII (1900), 742.
HER.: Otjiseva, Dinter 491.

Diplachne cinerea Hackel in Engl. Bot. Jahrb. XI (1890), 403.
HER.

D. Fleckii Hackel in Bull. Herb. Boiss. IV (1896) App. III, 25.
GR. NAM.

D. fusca (L.) Palisot Essai Agrost. (1812), 163.
HER.: Tsoachaubmund, Dinter 13.
AMB.: Kuukuejo, Rautanen.

***D.* mucronata** (Forsk.) Hackel nov. comb.
Festuca mucronata Forsk. Fl. Aegypt. Arab. (1775), 22.
HER.: Tsoachaubmund, Dinter 31.

D. paucinervis (Nees) Stapf et Rendle in Cat. Afr. Pl. Welw. II (1899), 227.
HER.: Tsoachaubmund Dinter 13; auf salzigem, sandigem Boden nahe bei Okahandja, Linden.
KAL.: *Botletle Ebene, nahe Macharachara, Lugard 218.

D. pungens Hackel in Bull. Herb. Boiss. IV (1896) App. III. 25.
HER.: Salem, Dinter 169.

***Eragrostis* angusta** Hack. in Bull. Herb. Boiss. 2me sér. I (1901), 772.
HER.: Tsoachaub, Dinter 98.

***E.* auriculata** Hackel in Bull. Herb. Boiss. 2e sér. I (1901), 773.
GR. NAM.: Inachab, Dinter 1905.
HER.: Tsochaub bei Salem, Dinter 157.

E. biflora Hackel in Bull. Herb. Boiss. III (1895), 391.
GR. NAM.

E. brizoides (L.) Nees in Linnaea VII (1832), 328.
HER.

E. brizantha Nees Fl. Afr. austr. (1841), 411.
KAP-KOL.: Verleptpram, Drège.
GR. NAM.: Inachab, Dinter 1094, fl. XI.
HER.: Tsoachaubmund, Dinter 75.

— — **pusilla** Hackel differt a typo panicula depauperata, foliis brevissimis, spiculis violescentibus.
GR. NAM.: Awichab, Dinter 1105, fl. IX.

E. cyperoides (Thunb.) Palisot Essai Agrost. (1812), 71.
KAP-KOL.: Oranjeflussmündung, Drège.
GR. NAM.: Lüderitzbucht, Dinter 920; Sandstrand bei Gross-Awichab, Schultze 47.
HER.

E. **denudata** Hackel in Bull. Herb. Boiss. III (1895), 392.
Vergl. Pilger in Notizbl. Bot. Garten Berlin (1910), 154.

E. **Dinteri** Stapf in Kew Bull. (1906), 29.
HER.: Ossire, Dinter 484.
AMB.: Namakunde in Uukuanyama, im Sande, Rautanen.

E. **hereroensis** Hackel in Bull. Herb. Boiss. 2[me] sér. I (1901), 775.
HER.: Tsoachaub, bei Salem, Dinter 156, fl. 3. VIII.

E. **lappula** Nees Fl. Afr. Austr. (1841), 412 var. **divaricata** Stapf in Thiselton Dyer Fl. Cap. VII (1900), 628.
AMB.: Olukonda, Rautanen.

E. **leptocalymma** Pilger in Engl. Bot. Jahrb. XL (1907), 84.
AMB.: zwischen Ondonga und Uukuanyama, Rautanen 3a, 585.
KAL.: *Kokong (?), Schultze 356b; *zwischen Sekuma (?) und Kooa (?), Schultze 342 m.

E. longifolia Hochst. in Flora (1841), 23.
GR. NAM.

E. membranacea Hackel in Abh. Bot. Ver. Prov. Brandenb. XXX (1888), 148.
AMB.: zwischen Olukonda und Uukuanyama, Rautanen 586.

E. multiflora (Forsk.) Aschers. et Schweinfurth Beitr. Fl. Aeth. (1867), 297 und 310.
GR. NAM.

— — **nana contracta** Stapf in herb.
HER.: Spitzkoppjes, Dinter 54.

***E.* namaquensis** Nees Ind. Sem. hort. Vratisl. (1835).
HER.: Tsoachaubmund, Dinter 85.
KAP-KOL.: Verleptpram.

***E.* namaquensis** Nees l. c. var. **uninodis** Hackel, differt a typo culmo uninodi, nodo in basi culmi seto inter folia acculto.
HER.: Tsoachaub, bei Salem, Dinter 140.

E. pilosa (L.) Palisot Essai Agrost. (1812), 71.
HER.
KAL.: *Kwebe, Lugard 165.

E. poaeoides Palisot Essai Agrost. (1812), 71.
GR. NAM.

***E.* porosa** Nees Fl. Afr. austr. (1841), 401.
E. emarginata Hack. in Abh. Bot. Ver. Prov. Brandenb. XXX (1888), 238.
GR. NAM.: zwischen ╪ Ausis und ╪ Kuias, Schenck 82; Keetmanshoop, Schinz.

***E.* pusilla** Hack. in Bull. Herb. Boiss. IV (1896) App. III, 27.
HER.: Tsoachaubmund, Dinter 81.
KAL.: Uqua (anstatt Uuqua).

***E.* ramosa** Hack. in Bull. Herb. Boiss. 2me sér. (1901), 776.
GR. NAM.: Riviersohle des Koankip bei Chamis, Schultze.
HER.: Tsoachaub, bei Salem, Dinter 134.

***E.* retinorrhoea** Steud. Syn. Pl. glum. (1855), 268.
Vergl. Pilger in Notizbl. Bot. Garten Berlin (1910), 152.

E. spinosa (L.) Trin. in Mém. Acad. Petersb. ser. VI, 1 (1831), 416.
KAP-KOL.: Dünen am untern Oranjefluss, Drège.
GR. NAM.
HER.: Tsoachaubmund, Dinter 14; trockenrissiger Schlammboden des Kuisib-Unterlaufes bei Rooibank, Schultze 374; Pechuel-Loesche.

E. superba Wawra et Peyr. in Sitzber. Acad. Wien XXXVIII (1860), 584.
GR. NAM.: *Kuddis* (nicht in der Kalachari gelegen).
HER.
AMB.: zwischen Ondonga und Uukuanyama, Rautanen 587.
KAL.: *Kwebe, Lugard 178.

Rautanen 587 ist eine Form mit besonders grossen und breiten, sehr stark abstehenden Rispen. Peyritsch sagt auch in der Diagnose: ramis patentibus vel patentissimis, während Stapf schreibt: branches erect or suberect. (Hackel.)

E. trichophora Coss. et Durieu in Bull. Soc. Bot. Fr. II (1855), 31.
HER.: Otjitambi, Schlettwein (comm. Herb. Hamburg).

E. viscosa Trin. in Mém. Acad. Pétersb. sér. 6, I (1831), 397.
AMB.: Olukonda, Rautanen.
KAL.

E. spec.
AMB.

E. spec.
KAL.

E. spec.
HER.

Schismus calycinus (Loefl.) Coss. in Coss. et Durieu Expl. scient. Alger. II (1854—67), 138.
GR. NAM.: Inachab, im Sand, Dinter 1107.

— — var. **tenuis** (Steud.) Durand et Schinz Consp. Fl. Afr. V (1894), 907.
KAP-KOL.: Mündung des Oranjeflusses, Drège.

Bambusae.
HER.

Brachypodium crispatum Drège zwei pflanzengeogr. Dokumente (1843), 92 (Nom. nudum).
KAP-KOL.: zwischen Natvoet und dem Oranjefluss, Drège.

Die Pflanze ist mir nicht bekannt und ich bin ausser Stande festzustellen, was darunter eigentlich zu verstehen ist.

Cyperaceae.

Bestimmt z. T. von **O. Boeckeler** (Varel) †, z. T. von **C. B. Clarke** (Kew) †.

Kyllinga alba Nees in Linnaea X (1835—36), 140.
GR. NAM.
HER.: Otjiseva, Dinter 487.
AMB.: *Olukonda,* Rautanen; Ondonga, Liljeblad 189, Kestila 42 b.
KAL.: *Kwebe-Hügel, an trockenen Stellen zwischen Felsen, Lugard 67, 139.

— — var. ***alata*** Nees in Linnaea IX (1834), 286.
HER.: Otjovazandu, Rautanen 627.
AMB.
KAL.: * *Uqua* (nicht *Uuqua*).

K. **triceps** Rottb. Descr. et Icon. pl. (1773), 14.
AMB.: Olukonda, Rautanen; Kestila 42 c.

Juncellus alopecuroides (Rottb.) C. B. Clarke in Durand et Schinz Consp. Fl. Afr. V. (1894), 543.
?*HER.*

J. laevigatus (L.) C. B. Clarke in Durand et Schinz Consp. Fl. Afr. V (1894), 544.
GR. NAM.
HER.: Tsoachaubmund, Dinter 36.

— — var. ***major*** (Bcklr.) Schinz in Bull. Herb. Boiss. IV (1896) App. III, 28.
HER.

Pycreus angulatus Nees in Linnaea IX (1834), 283.
AMB.: *Omupanda in Uukuanyama, Wulfhorst 13.

P. chorisanthos C. B. Clarke in Thiselton Dyer Fl. trop. Afr. VIII (1902), 526.
HER.: Dinter 1872.

P. chrysanthus (Bcklr.) C. B. Clarke in Durand et Schinz Consp. Fl. Afr. V (1894), 535.
AMB.: *Omupanda in Uukuanyama, Wulfhorst 17.

P. pelophilus (Ridley) C. B. Clarke in Durand et Schinz Consp. Fl. Afr. V (1894), 540.
HER.: Spitzkoppjes, Dinter 50.

P. polystachyus Palisot Fl. d'Owar. II (1807), 48.
HER.: Waterberg, Dinter 399.

Cyperus amabilis Vahl Enum. pl. II (1806), 318.
HER.

C. angolensis (Bcklr.) in Flora (1880), 435.
AMBOELLA: *am linken Kubango-Ufer oberhalb Kuimarva, 1100 m, Baum 455.

C. apricus Ridley in Trans. Linn. Soc. ser. 2, II (1884), 141.
AMB.: *Omupanda in Uukuanyama, Wulfhorst 14.

C. aristatus Rottb. Descr. et Icon. pl. (1773), 23, t. VI, f. I.
GR. NAM.
HER.: Spitzkoppjes, Dinter 31, 48.

C. articulatus L. Spec. pl. ed. I (1753) 66.
AMB.
KAL.: *am Ngami-See, Lugard 12.

C. bulbosus Vahl Enum. pl. II (1806), 342.
AMB.

***C.* compressus** L. Spec. pl. ed. I (1753), 68.
HER.: Tsochaubmund, Dinter 95.
AMB.: Olukonda, Rautanen.

Cyperus compactus Lam. Tabl. Encycl. I (1791), 144.
KAL.: *Kwebe-Hügel, an trockenen, felsigen Stellen, nicht häufig, Lugard 143.

C. denudatus L. Suppl. (1781), 102.
AMB.
MOSS.: *Überschwemmungsgebiet des rechten Kunene-Ufers bei Onkumbi, Baum 90, bl. II, X.

C. difformis L. Amoen. acad. IV (1759) 302.
GR. NAM.

C. esculentus L. Spec. pl. ed. I (1753), 67.
Durch ganz Südwest-Afrika verbreitet mit Ausschluss der Litoralzone und des mittlern wie südlichen Teiles von GR. NAM.

C. Haspan L. Spec. Pl. ed. 1 (1753), 45.
KAL.: *am Ngami-See, Lugard 10.

C. Juncellus Dinter Deutsch-Südwest-Afrika (1909), 41.
HER.: bildet um heisse Quellen ganze Wiesen, so in Windhoek und Grossbarmen („Dinter").

C. fulgens C. B. Clarke in Durand et Schinz Consp. Fl. Afr. V (1894), 563.
GR. NAM.
HER.: Otjimbingue, Fischer 159.
KAL.: *Kwebe-Hügel, fehlt an sumpfigen Stellen, Lugard 104.

C. longus L. Spec. pl. ed. 1 (1753), 45 var. ***tenuiflorus*** Bcklr. in Linnaea XXXVI (1869—70) 281.
HER.: Otjimbingue, Fischer 155.

C. margaritaceus Vahl Enum. pl. II (1806), 307.
AMB.: *Omupanda in Uukuanyama, Wulfhorst 15.

C. marginatus Thunb. Prodr. pl. cap. (1794), 18.
GR. NAM.
HER.: Salem, Dinter 163; Pechuel-Loesche.

C. Papyrus L. Spec. Pl. ed. 1 (1753), 47 pr. p.
KAL.

***C.* rotundus** L. Spec. Pl. ed. 1 (1753), 45.
KAP-KOL.: Mündung des Oranjeflusses, Drège 2468.

C. sexangularis Nees in Linnaea IX (1834), 284.
GR. NAM.

***C.* sphaerospermus** Schrad. Anal. Fl. Cap. (1832), 8.
AMB.: Olukonda, Rautanen; Ondonga, Liljeblad 178, Kestila 132.

***C.* uncinatus** Poir. Encycl. méth. Bot. VII (1806), 247.
HER.: Tsoachaubmund, Dinter 67.

C. usitatus Burch. Trav. inter. South Afr. I (1822), 417.
HER.
AMB.

Courtoisia cyperoides (Roxb.) Nees ab Esenb. in Linnaea IX (1835), 286 var. ***africana*** C. B. Clarke in Durand et Schinz Consp. Fl. Afr. V (1894), 596.
HER.
KAL.

Fimbristylis exilis (Willd.) Roem. et Schult. Syst. veget. II (1817) 98.
GR. NAM.
HER.: Spitzkoppjes, Dinter 49; Okumuha, Dinter 50.
AMB.: *Omupanda in Uukuanyama, Wulfhorst 15; Ondonga, Liljeblad 185, Kestila 100.
KAL.: *Kwebe-Hügel, sehr häufig auf trockenem Ödland, Lugard 144, 164.

F. ferruginea (L.) Vahl Enum. pl. II (1806), 291.
HER.

***Fuirena* calolepis** K. Schum. in Engl. Pflanzenwelt Deutsch-Ostafrika (1895), 125 XXIV (1897), 339.
AMBOELLA: *Habungu, 1100 m ü. M., Moorboden in einer Maramba, Baum 472, fl. 28, XI, t. 5.

F. ciliaris (L.) K. Schum. in Engl. Pflanzenwelt Ost-Afr. C (1895), 126 var. ***angolensis*** C. B. Clarke in Durand et Schinz Consp. Fl. Afr. V (1894), 645.
AMB.

***F.* pubescens** (Poir.) Kunth Enum. pl. II (1837), 182.
HER.: Waterberg, Dinter 425.

Mariscus albomarginatus C. B. Clarke in Durand et Schinz Consp. Fl. Afr. V (1894), 584.
GR. NAM.: zwischen Inachab und Lüderitzhafen, Dinter 13.

M. Sieberianus Nees in Linnaea IX (1834), 286.
KAL.: *Kwebe-Hügel, an trockenen Stellen zwischen Felsen, nicht häufig, Lugard 142.

Ascolepis capensis (Kunth) Benth. mss. ex Ridley in Trans. Linn. Soc. ser. 2, II (1884), 164.
AMB.

A. speciosa Welw. in Trans. Linn. Soc. XXVI (1871), 78.
AMB.

Bulbostylis mucronata Clarke in Engl. Bot. Jahrb. XXXVIII (1906), 135.
HER.: Otjimbingue, Fischer 156.

Scirpus articulatus L. Spec. Pl. ed. I (1753), 47.
GR. NAM.

S. corymbosus Heyne in Roth Nov. Pl. Spec. (1821), 28.
KAL.: *am Ngami-See, Lugard 11.

S. cubensis Poepp. et Kunth mss. ex Kunth Enum. pl. II (1837), 172.
MOSS.

S. dioecus (Kunth) Bcklr. in Linnaea XXXVI (1869—70), 719.
KAP-KOL.: Oranjefluss-Mündung, Drège.
GR. NAM.
HER.

— — var. ***macrocephala*** Bcklr. in Linnaea XXXVI (1869—70), 720.
GR. NAM.

S. Isolepis (Nees) Bcklr. in Linnaea XXXVI (1869—70), 499.
AMB.: Olukonda, Rautanen 219.

***S.* karroicus** C. B. Clarke in Durand et Schinz Consp. Fl. Afr. V (1894), 221.
GR. NAM.: Inachab, Dinter 1106.

***S.* littoralis** Schrad. Fl. Germ. I (1806), 142, t. 5.
KAP-KOL.: Mündung des Oranjeflusses, Drège 2465.

S. loeteflorens C. B. Clarke in Durand et Schinz Consp. Fl. Afr. V (1894), 625.
HER.

S. maritimus L. Spec. Pl. ed. I (1753), 51.
HER.

S. micranthus Vahl Enum. Pl. II (1806), 254.
AMB.

S. setaceus L. Spec. pl. ed. I (1753), 49.
HER.: Tsoachaubmund, Dinter 88.
AMB.

S. sororius (Kunth) C. B. Clarke in Durand et Schinz Consp. Fl. Afr. V (1894), 630.
KAL.

S. supinus L. Spec. pl. ed. I (1753), 49.
GR. NAM.

Rhynchospora cyperoides Mart. in Denkschr. Acad. Wiss. Münch. Math. Phys. IV (1816—17), 149.
AMB.: *Omupanda in Uukuanyama, Wulfhorst 12.

Palmae.

***Phoenix* dactylifera** L. Spec. Pl. ed. 1 (1753), 1188.
GR. NAM.: Rehoboth im Missionsgarten.
HER.: auf Missionsstationen in Kultur.

P. reclinata Jacq. Fragm. bot. I (1801), t. XXIV, 27.
KAL.: häufig im Nordosten, besonders im Caprivizipfel.

Hyphaene ventricosa Kirk in Journ. Linn. Soc. IX (1867), 235.
HER.: „Omukujumbwa" (Otji. nach Dinter).
AMB.

Mein Freund M. Rautanen, Missionar in Olukonda, ist kürzlich (28. XI. 1907) in der Lage gewesen, einen gefällten Hyphaene-Stamm messen zu können und hat mir nachfolgende Masszahlen zur Verfügung gestellt:

Länge des Stammes, vom Boden bis zum Ansatz des Wedelschopfes 13,47 m.

Grösse des Stammumfanges:

in der Höhe von	1 m	. .	1,3 m
	2 „	. .	1,15 „
	2,75 „	. .	1,2 „
	3,15 „	. .	1,11 „
	4,0 „	. .	1,7 „
	5,0 „	. .	1,12 „
	6,20 „	. .	1,16 „
	8,0 „	. .	1,25 „
	9,25 „	. .	1,35 „
	10,0 „	. .	1,37 „
	11,0 „	. .	1,31 „
	12,0 „	. .	1,7 „
	13,47 „	. .	1,15 „

Xyridaceae.

Xyris* cf. *Rehmannii Alb. Nilss. in Kongl. Sv. Vet. Akad. Handl. XXIV (1892), 20.
AMB.

Dinter (Deutsch-Südwest-Afrika) (1909), 43 stellt noch eine ***X.* bopartioides** Dinter (Her.: Waterberg) auf; die aus kaum zwei Zeilen bestehende Beschreibung ist indessen zu ungenügend als dass eine Identifikation möglich wäre.

Eriocaulonaceae.

Eriocaulon amboense Schinz in Bull. Herb. Boiss. IV, app. III (1894), 35.
AMB.

***E.* tofieldifolium** Schinz in Bull. Herb. Boiss. 2me Sér. I (1901), 779.
HER.: sumpfige Stellen am Waterberg, Dinter.

Commelinaceae.

Bestimmt von **C. B. Clarke** (Kew) †.

Commelina africana L. Spec. pl. ed. I (1753), 41.
GR. NAM.
HER.: Windhoek, Dinter 261, fl. 30, I.
*KAL.: *Udschi* (anstatt Uudschi).

— — var. ***Krebsiana*** C. B. Clarke in DC. Monogr. Phan. III (1881), 164.
HER.: Waterberg, auf dem Plateau, Dinter 382.

***C.* Bainesii** C. B. Clarke in DC. Monogr. Phan. III (1881), 184.
AMB.: Olukonda, Rautanen 301.

C. benghalensis L. Spec. pl. ed. I (1753), 41.
GR. NAM.: *Daberas* (liegt nicht in Her.).
HER.: Spitzkoppjes, Dinter 47.
AMB.: OLUKONDA, Rautanen 301 a; Uukuanyama, Kestila 84, bl. II.
KAL.: *Kwebe-Hügel, Lugard 148, 243; **Udschi* (anstatt Uudschi).

C. Forskalaei Vahl Enum. pl. II (1806), 172.
HER.: Okabumbi, Dinter 460.
AMB.: Olukonda, Rautanen 129; Omupanda in Uukuanyama, Wulfhorst 23; Ondonga, Liljeblad 198, bl. I, Kestila 51, bl. XII.
KAL.: *Kwebe-Hügel, Lugard 136, 147.

C. Gerrardi C. B. Clarke in DC. Monogr. Phan. III (1881), 146.
HER.

?*C.* imberbis Hassk. in Schweinf. Beitr. Fl. Aeth. (1867), 209, 295.
KAL.: *Kwebe-Hügel beim Ngami-See, Lugard 146, 244.

***C.* Kirkii** C. B. Clarke in DC. Monogr. Phan. III (1881), 167.
HER.: Waterberg, Dinter 383.

C. Livingstoni C. B. Clarke in DC. Monogr. Phan. III (1881), 190.
HER.: Otavi, Dove.
*KAL.: *Udschi* (anstatt Uudschi).

C. subulata Roth Nov. plant. spec. (1821), 23.
HER.: Ondekeremba, Dinter 455.
AMB.

***C.* violacea** C. B. Clarke in Thiselton Dyer Fl. Trop. Afr. VIII (1901), 39.
AMB.: Olukonda, Schinz 21, 33; zwischen Ondonga und Uukuanyama, Rautanen 580, bl. III; Ondonga, Liljeblad 187, bl. 27, I.

Aneilema aequinoctialis (Pal.) Kunth Enum. pl. IV (1843), 72.
AMB.: Olukonda, Rautanen 292; *Uukuanyama, Kestila 96.

Cyanotis lanata Benth. in Hook. Niger Fl. (1849), 542.
AMBOELLA: *am linken Kubango-Ufer oberhalb Kuimarva, auf sandigem Boden, im Schatten grosser Bäume, Baum 456, bl. 23, XI.

Juncaceae.

Bestimmt von Prof. Dr. **F. Buchenau** (Bremen) †.

***Juncus* acutus** L. Spec. Pl. ed. 1 (1753), 325 var. **Leopoldii** Buchenau in Abh. Nat. Ver. Bremen IV (1875), 421.
KAP-KOL.: Mündung des Oranjeflusses, Ecklon 73.

J. maritimus Lam. Encycl. méth. III (1789), 264 var. ***arabicus*** Aschers. et Buchenau in Boiss. Fl. or. V (1882), 354.
HER.

Liliaceae.

***Gloriosa* Carsoni** Baker in Kew Bull. (1895), 74.
KAL.: *Botletle-Tal, Lugard 213.

G. virescens Lindl. in Bot. Mag. (1825), t. 2539.
HER.: zwischen Okahandja und Grootfontein („Dinter").
AMB.: Olukonda, Rautanen 213, 304.
KAL.: *Botletle-Tal, Lugard 213, 287.

Walleria Mackenzii Kirk in Trans. Linn. Soc. XXIV (1864), 497, t. 52, fig. 2.
AMBOELLA: *am linken Kubango-Ufer unterhalb Kalolo, 1100 m und am Habungu, Baum 448, bl. XI.

W. nutans Kirk in Trans. Linn. Soc. XXIV (1864), 497, t. 52, fig. 1.
GR. NAM.: östl. der Auasberge, 1900—2000 m, Dinter 835, fl. II.
HER.: Grootfontein, Prian; Brakwater, Dinter; Otjovazandu, Rautanen 434, fl. 23, I.
„Otjihakantu" (Otji.).

Androcymbium melanthioides Willd. in Ges. Naturf. Fr. Berl. Mag. II (1808), 21 var. **acaule** Baker in Journ. Linn. Soc. XVII (1879), 442.

GR. NAM.: ! Gubub, auf Granit in trockenen Flussbetten, Dinter 1034, fl. VII.

A. roseum Engl. Bot. Jahrb. X (1889), 91.

HER.: zwischen Felsspalten um die heissen Quellen bei Gross-Barmen, Dinter II, 541, bl. V; Grootfontein („Dinter").

MOSS.: *Onkumbi, Überschwemmungsgebiet des Kuneneufers, auf steinhartem Letteboden, Baum 95, fl. II, IX.

Ornithoglossum **calcicolum** Krause et Dinter in Engl. Bot. Jahrb. XLV (1910), 123.

HER.: bei Okahandja, auf Glimmerschiefer mit Kalküberzug, Dinter 435, bl. und fr. II.

O. viride (L.) Dryand. in Ait. Hort. Kew. ed. 2, II (1811), 327 var. ***grandiflorum*** Bak. in Journ. Linn. Soc. XVII (1879), 449.

GR. NAM.

HER.: Modderfontein, Windhoek.

KAL.

Ornithogalum amboense Schinz in Abh. Bot. Ver. Prov. Brandenb. XXXI (1889), 220.

AMB.

O. **Dinteri** Baker in Bull. Herb. Boissier, 2me Sér. I (1901), 854.

HER.: Seeis, Dinter 1267, fl. 12, XII.

O. **dipcadioides** Baker in Bull. Herb. Boiss., 2me Sér. IV (1904), 999.

HER.: Etiro-Karibib, Rautanen 435, bl. II.

O. longebracteatum Jacq. Hort. Vindob. I (1770), t. XXIX.

HER.

O. pulchrum Schinz in Abh. Bot. Ver. Prov. Brandenb. XXXI (1889), 221.

AMB.

O. **rupestre** L. Suppl. (1781), 199.

KAP-KOL.: am Oranjefluss nahe bei Verleptpram, Drège 2662.

O. spirale Schinz in Bull. Herb. Boiss. IV (1896) App. III, 42.

GR. NAM.

O. Stapffii Schinz in Bull. Herb. Boiss. IV (1896) App. III, 42.

HER.

O. vittatum Kunth Enum. pl. IV (1843), 368.

GR. NAM.

Drimiopsis spec.

Nach Dinter (Deutsch-Südwest-Afrika (1909), 47); mir ist diese Gattung aus diesem Gebiete noch nicht vorgekommen, sie soll auf Lehmboden in Laagten, an Vleys usw., fast immer in Kolonien von Tausenden beisammen, vorkommen. Zwiebel essbar.

Iphigenia bechuanica Baker in Thiselton Dyer Fl. trop. Afr. VII (1898), 562.
KAL.: *Kwebe, Lugard 81, 288.

I. Dinteri Dammer ined.
HER.: auf Binnenlanddünen, Otjihua, Dinter II 395, bl. I.

I. flexuosa Baker in Bull. Herb. Boiss. 2me Sér. IV (1904), 996.
HER.: Etiro-Karibib, Rautanen 436, bl. 10, II.

I. ramosissima Engl. et Krause in Engl. Bot. Jahrb. XLV (1910), 124.
GR. NAM.: bei ! Gubub auf Sandflächen häufig, Range 139, bl. und fr. X.

I. strumosa Baker in Thiselton Dyer Fl. trop. Afr. VII (1898), 562.
KAL.: *Kwebehügel, Lugard 59, 57.

Bulbine namaensis Schinz in Bull. Herb. Boiss. 2me Sér. II (1902), 939.
Bulbine asphodeloides Schinz in Bull. Herb. Boiss. IV (1896) App. III, 37 non Schult.
GR. NAM.: Graspoort, Dinter 1097, bl. X.

***B.* xanthobotrys** Engl. et Gilg in Baum Kunene-Sambesi Exp. (1903), 186.
AMBOELLA: *am Habungu, 1100 m, auf Sandboden nördlich des Flussufers, Baum 487.

Anthericum arvense Schinz in Abh. Bot. Ver. Prov. Brandenb. XXXI (1889), 215.
GR. NAM.: Inachab, im Sande, Dinter 1039, fr. XII.
HER.: Otjiheveta, Dinter; Orumbo, Dinter 1277, bl. u. fr. 20. XII.
AMB.: Ondonga, Liljeblad; *Uukuanyama, Kestila 119, bl. II.

***A.* elongatum** Willd. Spec. Pl. II (1799), 136.
AMB.: Olukonda, Rautanen, bl. 4. I.; *in Niederungen in Uukuanyama, Rautanen 439, bl. I.

***A.* flavoviride** Baker in Thiselton Dyer Fl. trop. Afr. VII (1898). 490.
KAL.: *Ngamibassin, Lugard 194; *im Okavangotal, Lugard 286.

***A.* hereroense** Schinz in Bull. Herb. Boissier, 2me Sér. I (1901), 857.
HER.: Orumbo, Dinter 1306, bl. 17, XII.; Dinter 1282, fr. 15. XII.

***A.* latum** N. E. Brown in Kew Bull. (1909), 143.
KAL.: *nahe Bachakuru, Lugard 234.

A. **liliagastrum** Engl. et Gilg in Baum Kunene-Sambesi Exp. (1903), 188.

AMBOELLA: *am linken Kubango-Ufer oberhalb Kuimarva, 1100 m, Baum 461.

A. **otavense** Engl. et Krause in Engl. Bot. Jahrb. XLV (1910), 129.

HER.: Otavi, Dinter 622, bl. I.

A. **pallidiflavum** Engl. et Gilg in Baum Kunene-Sambesi Exp. (1903), 187.

AMBOELLA: *am linken Kubango-Ufer bei Kavanga, 1100 m, auf Sandboden, Baum 412.

A. **Rangei** Engl. et Krause in Engl. Bot. Jahrb. XLV (1910), 125.

GR. NAM.: bei | Aus auf Sandboden, Range 157, bl. X.

A. **Rautanenii** Schinz in Bull. Herb. Boiss. 2me sér. VIII (1908), 625.

AMB.: zwischen Ondonga und Uukuanyama, Rautanen 603.

A. **secundum** Krause et Dinter in Engl. Bot. Jahrb. XLV (1910), 127.

HER.: auf Wiesen bei Grootfontein, Dinter 855, bl. XII.

Eriospermum Bakerianum Schinz in Abh. Bot. Ver. Prov. Brandenb. XXXI (1889), 215.

HER.: 10 km östlich von Orumbo, Dinter 1307, bl. XII.

AMB.: Olukonda, Rautanen.

E. **bechuanicum** Baker in Dyer Fl. trop. Afr. VII (1898), 472.

KAL.: *bei Kwebe, Lugard 80.

E. corymbosum Baker in Journ. Linn. Soc. XV (1876), 266.

HER.

E. Fleckii Schinz in Bull. Herb. Boiss. IV (1896) App. III, 37.

GR. NAM.

E. **lanceaefolium** Jacq. Icon. Pl. rar. (1782), t. XLII var. **Dinteri** Schinz nov. var.

GR. NAM.: ! *Han ǂ ami* Plateau zwischen Bethanien und Bersaba, Schenck 374.

HER.: Orumbo, gelber Sand, Dinter 1268, bl. XII.

Beide Nummern (ich stelle nun auch die Schencksche Pflanze, nachdem ich sie im Bull. Herb. Boiss. IV (1896) App. III, 37 zum Typus des E. lanceaefolium Jacq., allerdings auch nicht ohne Fragezeichen, gestellt hatte, zu dieser Varietät) unterscheiden sich vom Typus durch auffallend kleinere Laubblätter, sie messen nur ± 6 cm, und bekunden dadurch Uebereinstimmung mit den Exemplaren die Bolus unter der Nummer 6610 aus Klein-Namaland zurückgebracht hat.

E. **majanthemifolium** Krause et Dinter in Engl. Bot. Jahrb. XLV (1910), 141.
GR. NAM.: bei Kuibes auf Quarzit, Range 488, bl. VI.
HER.: bei Okahandja in der Nähe des Teufelsbaches, Dinter 389, bl. I.; bei Brakwater, Dinter, fr. I.

E. latifolium Jacq. Icon. Pl. rar. II (1793), t. CDXX.
HER.
AMB.

E. **Rautanenii** Schinz in Bull. Herb. Boiss. VI (1898), 522.
AMB.: Olukonda, Rautanen 227, bl. u. fr. 23, XI.

E. **reflexum** Schinz in Bull. Herb. Boiss. 2e sér. I (1901), 858.
HER.: zwischen Otjihaenena und Seis, Dinter 1337.

E. **omahekense** Engl. et Krause in Engl. Bot. Jahrb. XLV (1910), 139.
HER.: auf rotem Sandboden bei Otjisara, Dinter, bl. II.; bei Omaheka, Dinter 678a, bl. XII.

E. roseum Schinz in Bull. Herb. Boiss. IV (1896) App. III, 38.
GR. NAM.
HER.

E. **sphaerophyllum** Baker in Thiselton Dyer Fl. trop. Afr. VII (1898), 472.
KAL.: *Ngamibassin, Lugard 78, 285.

E. **Schinzii** Engl. et Krause in Engl. Bot. Jahrb. XLV (1910), 141.
HER.: Lüderitz 26; bei Grootfontein auf Kalk, meist in Gesteinsritzen, Dinter 923, bl. XII.
AMB.: bei Olukonda, Schinz 18, bl. u. fr. I.

E. **tortuosum** Dammer in Engl. Bot. Jahrb. XXXVIII (1905), 65.
HER.: Otjimbingue, Fischer 161.

Aloe[1]) **asperifolia** Berger in Engl. Bot. Jahrb. XXXVI (1905), 63.
HER.: Zwartbankberg, auf Kalk, Stapff 7, bl. IV.; bei Karibib (?), Dinter.

Dinter (Deutsch-Südwest-Afrika (1909), 46) nennt für diese Art noch folgende Standorte: GR. NAM.: Inachabberg; HER.: Modderfontein bei Jakalswater, Salem, Spitzkoppjes, Rössing.

---

[1]) Bezüglich der Gattung Aloe vergleiche die Publikationen Alwin Bergers in der Monatsschrift für Kakteenkunde XIV (1904), 159, in Engl. Bot. Jahrb. XXXVI (1905), 42 und in Engl. Pflanzenreich 33 (1908). Die Zahl der in Deutsch-Südwest-Afrika vorkommenden Aloe-Arten ist ganz unzweifelhaft viel grösser als bis anhin angenommen, leider liegt deren Kenntnis aber noch sehr im Argen.

A. **dichotoma** L. Suppl. (1781), 206 var. *montana* (Schinz) Berger in Engl. Pflanzenreich 33 (1908), 319.

A. montana Schinz in Bull. Herb. Boiss. IV (1896), App. III, 39.

GR. NAM.: Guos, Schinz 347, bl. I.; bei Ngama auf Granitbergen in der Wüste, Dinter; bei Inachab, Dinter; bei Tsau ǁ kaib, Schenck 139; Kukaos, Schenck 158; Karasgebirge, Ugama, Geitse ! gubib („Dinter").

HER.: Usakos, auf Felsen, Marloth 1439, bl. V.; bei Salem auf Granitbergen, Dinter; im Chuosgebirge, Dinter; Gansberg, Fleck 461, 838; am Tsoa cahub, Baines (ohne nähere Ortsbezeichnung); Jakalswater, Sphinx, ǂ Kan, Salem („Dinter").

ǁ *garas* (NAM.).

Der Typus findet sich in der Kapkolonie, ist aber in Deutsch-Südwest-Afrika bis jetzt noch nicht nachgewiesen worden.

A. hereroensis Engl. Bot. Jahrb. X (1888), 2.

GR. NAM.: bei ! Gubub, auf Granit, Dinter 1043, bl. X.; bei Warmbad, Fenchel 97, bl. VII.; Bethanien, Südseite der Auasberge (Dinter).

HER.: bei Usakos auf steinigen Stellen, Marloth 1438, bl. V.; am ! Kuisib, Fleck 460, 698, bl. V.; bei Otjikango, Schinz 346, bl. VI.; zwischen Otjimbingue und Omaruru, Rautanen 244, bl. VI.

„Ongore" (Otji.); *„Ougoreb"* (NAM.).

— — var. **lutea** Berger in Engl. Pflanzenreich 33 (1908), 205.

HER.: auf Glimmerschieferhügeln von Karibib bis Kubas, Dinter, bl. 9, V.; Karibib, Rautanen 515; Buschsavanne, Okahandja, Dinter II 199, bl. IX.

A. rubrolutea Schinz in Bull. Herb. Boiss. IV (1896), App. III, 39.

A. Schinzii Baker in Thiselton Dyer Fl. trop. Afr. VII (1898), 459.

GR. NAM.: am Fischfluss bei Seeheim, südöstlich von Inachab, Dinter; ! Hoacha ! nas, Dinter.

HER.: bei Klein Windhoek in grosser Menge an Abhängen der Sandsteinberge, Dinter; bei Gross Windhoek, Dinter, bl. III.; an der Etosapfanne bei Okahakana im Westen und bei Amutoni im Osten, in der Grassteppe auf sandig lehmigem Boden in grosser Menge, Dinter 737; Okahandja, einzeln im Akazienbuschfeld bis hinunter nach Kubas („Dinter"); Nels (ohne nähere Standortsangabe).

AMB.: im Norden der Etosapfanne bei Olukonda und Omandongo, Rautanen 98, bl. VII.

KAL.: *Olifantskloof, Schinz 42.

A. **striata** Haw. in Trans. Linn. Soc. VII (1804), 18.
GR. NAM.: bei ! Gubub, in einer halbschattigen Schlucht auf Granit, Dinter; Fleck (ohne nähere Standortsangabe, vermutlich aus der Umgebung von Rehoboth).

A. **zebrina** Baker in Trans. Linn. Soc. Ser. 2, I (1878), 264.
HER.: am Nordabhang des Waterberges im Halbschatten von Acacia dulcis sehr häufig, „Dinter“; östlich von Windhoek auf rotem Sande, Dinter; bei Okahandja, gleichfalls auf Sand, Dinter.
KAL.: *am Botletle Fluss, Lugard 2.

Tulbaghia aequinoctialis Welw. ex Baker in Trans. Linn. Soc. Ser. II, I (1878), 246.
AMBOELLA: *am Kubango unterhalb Kabindere, 1150 m, Baum 351.

T. calcarea Engl. et Krause in Engl. Bot. Jahrb. XLV (1910), 142.
HER.: bei Grootfontein auf quelligem Grund in Ritzen zwischen Kalkblöcken, Dinter 761, 761 a, bl. und fr. XI—XII.

T. Lübbertiana Engl. et Krause in Engl. Bot. Jahrb. XLV (1910), 142.
(Standort?) Lübbert 44.

T. monantha Engl. et Gilg in Baum Kunene-Sambesi Exp. (1903), 192.
AMBOELLA: *am Kubango unterhalb Kabindere, Baum 351 a.

T. tenuior Krause et Dinter in Engl. Bot. Jahrb. XLV (1910), 141.
HER.: bei Grootfontein auf quelligem Grund zwischen Kalkgeröll, Dinter 790, bl. XII.

Albuca **Bainesii** Baker in Journ. Linn. Soc. XIII (1873), 290.
A. Lugardi Baker in Thiselton Dyer Fl. trop. Afr. VII (1898), 533.
KAL.: *Kobis, Baines; *Kwebe-Hügel, Lugard 182; *Botletletal, Lugard 216.

A. **Engleriana** Krause et Dinter in Engl. Bot. Jahrb. XLV (1910), 145.
HER.: bei Okahandja, am tiefsandigen Rande des Riviers, Dinter 409, bl. u. fr. I.

*A. **Fleckii*** Schinz in Bull. Herb. Boiss. IV (1896) App. III, 40.
HER.

*A. **hereroensis*** Schinz in Bull. Herb. Boiss. IV (1896) App. III, 40.
GR. NAM.: *Hornkranz* (liegt nicht in Her.).

A. **praecox** Engl. et Krause in Engl. Bot. Jahrb. XLV (1910), 143.
HER.: bei Okahandja auf tiefgründigem Lehmsandboden, Dinter 375, bl. und fr. I.

A. **sordida** Baker in Bull. Herb. Boiss. 2me Sér. I (1901), 787.
HER.: Orumbo, Dinter 1328, bl. 18. XII.

A. spiralis L. Suppl. pl. (1781), 196.
GR. NAM.

Urginea acinacifolia Schinz in Abh. Bot. Ver. Prov. Brandenb. XXXI (1889), 220.
AMB.

U. sanguinea Schinz in Abh. Bot. Ver. Prov. Brandenb. XXXI (1889), 219.
GR. NAM.: *Hornkranz* (liegt nicht in Her.).
HER.: Brakwater, Okahandja, Dinter.
AMB.
Der Genuss der Zwiebel verursacht beim Vieh die Kriempzickte.

***U.* viridula** Baker in Thiselton Dyer, Fl. trop Afr. VII (1898), 538.
AMB.: Uukuambi, Rautanen, bl. XII.

***Dipcadi* Baumii** Engl. et Gilg in Baum Kunene-Sambesi Exp. (1903), 194.
AMBOELLA: *am linken Kubango-Ufer, unterhalb Kabindere, 1100 m, Baum 349.

***D.* brevipes** Baker in Kew Bull. (1901), 136.
KAL.: *Kwebe-Hügel beim Ngami-See, Lugard 65.

***D.* ciliatum** Engl. et Krause in Engl. Bot. Jahrb. XLV (1910), 147.
HER.: bei Brakwater auf Kies, Dinter, fr. I.

D. Clarkeanum Schinz Abh. Bot. Ver. Prov. Brandenb. XXXI (1889), 218.
GR. NAM.
HER.

D. crispum (Burch.) Baker in Journ. Linn. Soc. XI (1871), 399.
GR. NAM.

***D.* Dinteri** Baker in Bull. Herb. Boiss. 2e sér. I (1901), 788.
GR. NAM.: Awichab, Dinter 1038, bl. XI.
Die Zwiebel wird von den Hottentotten gegessen.

D. Durandianum Schinz in Durand et Schinz Consp. V (1893), 374.
AMB.

***D.* firmifolium** Baker in Thiselton Dyer Fl. trop. Afr. VII (1898), 519.
KAL.: *Ngamibassin, Lugard 57, 64.

***D.* Juttae** Engl. et Krause in Engl. Bot. Jahrb. XLV (1910), 150.
HER.: bei Okahandja, an einem bewaldeten Rivierrand, Dinter 376, bl. u. fr. I.

***D.* lividescens** Engl. et Gilg in Baum Kunene-Sambesi Exp. (1903), 194.

AMBOELLA: *am linken Kubango-Ufer, oberhalb Kuimarva, 1100 m, Baum 459.

D. longibracteatum Schinz in Abh. Bot. Verh. Prov. Brandenb. XXXI (1889), 218.

AMB.

***D.* longicauda** Engl. et Krause in Engl. Bot. Jahrb. XLV (1910), 150.

HER.: bei Okahandja, auf Sandboden, Dinter 425, bl. I.

***D.* magnum** Baker in Thiselton Dyer Fl. trop. Afr. VII (1898), 522.

KAL.: *Kwebe-Hügel, Lugard 88, 76.

***D.* monophyllum** Krause et Dinter in Engl. Bot. Jahrb. XLV (1910), 148.

HER.: bei Okahandja, auf tiefgründigem Sand, Dinter 412, bl. und fr. I.

***D.* platyphyllum** Baker in Thiselton Dyer Fl. trop. Afr. VII (1898), 518.

KAL.: *Ngamibassin, Lugard 44.

***D.* Rautaneni** Baker in Bull. Herb. Boiss. 2e Sér. IV (1904), 1000.

AMB.: *Omukunda in Uukuanyama, Rautanen 437, bl. I.

***D.* vaginatum** Baker in Thiselton Dyer Fl. trop. Afr. VII (1898), 523.

KAL.: *Kwebe-Hügel, Lugard 47, 56.

D. venenatum* *Schinz in Bull. Herb. Boiss. IV (1896) App. III, 42.

AMB.

Scilla Baumiana Engl. et Gilg in Baum Kunene-Sambesi Exp. (1903), 195.

S. lancaefolia Schinz in Bull. Herb. Boiss. IV (1896) App. III, 42 non Baker.

GR. NAM.: Sandboden bei Inachab, Dinter 1036, bl. XII.

HER.

***S.* eriospermoides** Engl. et Gilg in Baum Kunene-Sambesi Exp. (1903), 195.

AMBOELLA: *am linken Kubango-Ufer bei Kavanga, 1100 m, Baum 410.

***S.* Gerrardi** Baker in Journ. Linn. Soc. XIII (1873), 237.

AMB.: *in Omilamba, bei Onamakunde in Uukuanyama, Rautanen 438, bl. I.

***S.* lancaefolia** (Gawl.) Baker in Saund. Ref. Bot. (1870), t. 182.

KAL.: *Kwebehügel, Lugard 47.

— — var. **longiracemosa** Engl. et Gilg. in Baum Kunene-Sambesi Exped. (1903), 195.

AMBOELLA: *am linken Kubango-Ufer bei Kalolo, auf Sandboden bis zum Kuebe verbreitet, Baum 447, bl. XI.

Pseudogaltonia Pechuelii O. Kuntze in Jahrb. k. bot. Garten Berlin, IV (1886), 274.

Lindneria fibrillosa Th. Durand et Lubbers in Bull. Soc. bot. France XXXVI (1889), CCXVI.

HER.: Klein-Windhoek auf Alluvialsand in Massen, nördlich vom Zollamt in Windhoek, Okahandja (Dinter); tiefer Sandlehmboden der Buschsavanne, Dinter II 295, bl. I.

***P.* subspicata** Baker in Bull. Herb. Boiss. 2e sér. I (1901), 853.

HER.: Fleck (ohne nähere Standortsbezeichnung).

Lachenalia orchioides Ait. Hort. Kew. ed. I, I (1789), 460.

GR. NAM.

Asparagus africanus Lam. Encycl. Bot. I (1783), 295.

HER.: Hohenwarte, Dinter 1265, bl. XII.

AMB.: *Uukuanyama, im Schatten von Bäumen, Rautanen 440, bl. I.

***A.* altiscandens** Engl. et Gilg in Baum Kunene-Sambesi Exp. (1903), 196.

AMBOELLA: *am linken Kubango-Ufer, oberhalb des Quatiri, 1100 m, Baum 402.

***A.* angolensis** Baker in Trans. Linn. Soc. sér. 2, I (1878), 254.

A. declinatus Schinz in Bull. Herb. Boiss. IV (1896) App. III, 43 non L.

GR. NAM.: Keetmanshoop, Fenchel 147, 148.

„Hoaweb“ (NAM.).

***A.* asiaticus** L. Spec. Pl. ed. 1 (1753), 313.

HER.: Awichab, Dinter 1042, bl. XII.; Windhoek, Dinter 1265, bl. XII.

KAL.: *Kwebe-Hügel, Lugard 40.

***A.* bechuanicus** Baker in Thiselton Dyer Fl. trop. Afr. VII (1898), 429.

KAL.: *Ngamibassin, Nakalechwe, Lugard 25.

***A.* capensis** L. Spec. Pl. ed. 1 (1753), 314.

KAP-KOL.: Natvoet, Drège 8593.

GR. NAM.: Lüderitzbucht, Schultze 39.

***A.* conglomeratus** Baker in Thiselton Dyer Fl. trop. Afr. VII (1898), 438.

KAL.: *Ngamibassin, Lugard 52.

A. exuvialis Burch. Trav. Int. S. Afr., I (1822), 130.

GR. NAM.

KAL.

A. Fleckii Schinz in Bull. Herb. Boiss. IV (1896) App. III, 43.
KAL.

A. hereroensis Schinz in Bull. Herb. Boiss. IV (1896) App. III, 43.
GR. NAM.: *Harris* (liegt nicht in HER.).

***A.* humilis** Engl. Bot. Jahrb. XLV (1910), 155.
HER.: bei Neitsas zwischen Gebüsch auf schwarzer Erde, Dinter 676, fr. XII.

A. Judtii Schinz in Bull. Herb. Boiss. IV (1896) App. III, 44.
GR. NAM.: ! *Hoacha* ! *nas* (liegt nicht in HER.).

***A.* juniperoides** Engl. Bot. Jahrb. X (1889), 3.
GR. NAM.

A. laricinus Burch. Trav. Int. S. Afr. I (1822), 537.
GR. NAM.
HER.: Hohenwarte, Dinter 1265, ster. XII.
KAL.: *Ngamibassin, Lugard.

***A.* Lugardi** Baker in Thiselton Dyer Fl. trop. Afr. VII (1898), 431.
KAL.: *am Ngami-See, Lugard 31.

A. namaensis Schinz in Bull. Herb. Boiss. IV (1896) App. III, 44.
GR. NAM.

A. Nelsii Schinz in Bull. Herb. Boiss. IV (1896) App. III, 44.
HER.: Nels (ohne Standortsgabe).

A. Pauli-Gulielmi Solms in Schweinf. Beitr. Fl. Aethiop. (1867), 613.
HER.

A. pilosus Baker in Journ. Linn. Soc. XIV (1875), 610.
KAL.

***A.* psilururs** Welw. ex Baker in Trans. Linn. Soc. sér. 2, I (1878), 253.
HER.: Hohenwarte, Dinter 1261, bl. XII.

A. racemosus Willd. Spec. Pl. II (1799), 152.
KAL.: *Ngamibecken, Nakalechwe, Lugard 25 a.

— — var. ***tetragonus*** Baker in Journ. Linn. Soc. XIV (1875), 624.
GR. NAM.

A. striatus (L.) Thunb. Prodr. Pl. Cap. (1794), 65.
GR. NAM.

***A.* undulatus** Thunb. Prodr. Pl. Cap. (1794), 66.
HER.: Otavi, Dinter 623, ster. IV.

Was unter *A. spinosissimus* Dinter (Dinter, Deutsch-Südwest-Afrika (1909), 47) zu verstehen ist, geht aus der Beschreibung nicht hervor. Die Pflanze wurde von Dinter auf der Haifischinsel (vor Lüderitzhafen) gefunden.

Sansevieria cylindrica Bojer Hort. Maur. (1837), 349.

HER.: Ossire, Dinter 442, ster. III.; in grosser Menge an den Abhängen und am Fusse des Waterbergs, stets im Halbschatten der Bäume und Sträucher; um Grootfontein im Kalkstein, an vielen Orten des Nordens, ferner an der Mündung des Quaaipitsriviers in den Tsoachaub und bei Uukib im Tosachaub, bei Kubas („Dinter").

AMB.

„Onguehe jozondundu" (Otji.).

S. thyrsiflora Thunb. Prodr. Fl. Cap. (1794), 65.

GR. NAM.: südlich der Auasberge (Dinter).

HER.: im Gebüsch am Erindi Ongoajahere, bei der Farm Neu-Holstein bei Grootfontein („Dinter").

KAL.

Amaryllidaceae.

Imhofia laticoma (Ker) Schinz in Bull. Herb. Boiss. IV (1896) App. III, 46.

Amaryllis laticoma Ker in Bot. Reg. (1820), t. 497.

Nerine laticoma Durand et Schinz Consp. Fl. Afr. V (1893), 256.

Brunsvigia lucida Herb. Treat. bulb. roots (1821), 16.

Amaryllis lucida Burch. Trav. Int. south. Afr. I (1822), 535.

Nerine lucida Herb. Amaryll. (1837), 283, t. 26, f. 3.

Imhofia Duparquetiana Baill. in Bull. Soc. Linn. Paris II (1894), 1132.

Nerine Duparquetiana Baker in Thiselton Dyer Fl. Cap. VI (1896), 214.

Imhofia undulata Schinz in Bull. Herb. Boiss. IV (1896) App. III, 46 non O. Kuntze.

GR. NAM.: Sandebene an der Vley bei Rehoboth, Wortelweg, Fleck 39a, bl. XII.; Inachab, Dinter.

HER.: (ohne nähere Standortsbezeichnung) Fleck, Miss Kolbe; Otjiseva, Dinter 192, bl. I.; Matchlessmine, am Wege nach Gauchas, im Sandboden, Fleck, bl. II.; Brackwater, in fruchtbaren Laagten, Windhoek, Okahandja („Dinter").

AMB.: Okahakana, an der Pfanne, Rautanen 433, bl. I.; Höpfner 111 a.

KAL.

Die Nummern Lüderitz 30 und Belck 59b (diese sub I. undulata), beide im Bull. Herb. Boiss. IV (1896) App. III, 46 erwähnt, zeichnen sich durch auffallend schmale Perigonabschnitte, auch zum Teil schmale Laubblätter aus (die der Nummer Belck 59b messen z. B. nur 5 mm),

so dass man an eine neue Art oder mindestens eine besondere Spielart denken könnte, da sie aber von Baker selbst als Nerine lucida benannt worden sind, belasse ich sie vorläufig bei I. laticoma. In welchen Punkten sich I. Duparquetiana Baill. von I. laticoma unterscheiden soll, ist mir nichts weniger als klar. Eines ist sicher, dass die ganze Gattung gleich sehr vielen weitern afrikanischen Liliifloren-Gattungen dringendst einer sorgfältigen Revision bedarf, einer Sichtung, die aber natürlich nur am Orte der Bakerschen Belege ausgeführt werden kann.

Haemanthus coccineus L. Spec. Pl. ed. 1 (1753), 325.
GR. NAM.

Buphane disticha (L.) Herb. in Bot. Mag. (1825), t. 2578.
GR. NAM.: Grasport, Dinter.
HER.: Windhoek, Farm Hoffnung, Otjitraenena, Orumbo, Grootfontein (Dinter).

***B.* longepedicellata** Pax in Engl. Bot. Jahrb. X (1889), 4.
AMBOELLA: *am linken Kubango-Ufer zwischen Kavanga und Kalolo, sandiger Boden, Baum 422, bl. XI.

Strumaria bidentata Schinz in Bull. Herb. Boiss. IV (1896) App. III, 46.
GR. NAM.

Brunsvigia spec.
HER.
AMB.

Crinum Bainesii Baker in Gard. Chron. XVI (1881), 39.
AMB.
KAL.

C. Belckianum Schinz in Bull. Herb. Boiss. IV (1896) App. III, 47.
HER.

***C.* crassicaule** Baker Amaryll. (1888), 85.
KAL.: *Kobis, Baines; *Kwebe-Hügel, Lugard 45.

C. Forbesianum Herb. Amaryll. (1837), 267. ?
GR. NAM. (anstatt HER.).

C. leucophyllum Baker in Bot. Mag. (1884), t. 6783.
HER.
AMB.

C. longifolium (L.) Thunb. Prodr. Pl. Cap. (1794), 59 var. ***Farinianum*** Baker in Gard. Chron. XVI (1887), 883.
KAL.

***C.* Lugardae** N. E. Brown in Gard. Chron. XXXXIV (1903), 49.
KAL.: *Kwebe-Hügel am Ngami-See, Lugard 43.

C. Rautanenianum Schinz in Bull. Herb. Boiss. IV (1896) App. III, 48.
AMB.

***C.* rhodanthum** Baker in Thiselton Dyer Fl. Cap. VII (1898), 397.
KAL.: *Kwebe-Hügel, Lugard 40, 42.

C. spec.
HER.: östlich von Windhoek, Dinter 826, bl. II.

C. spec.
HER.

C. spec.
KAL.: *Okavangotal, Lugard 284.

Ammocharis Taveliana Schinz in Abh. Bot. Ver. Prov. Brandenb. XXXI (1889), 214.
GR. NAM.
HER.

Pancratium Chapmanni Harv. Gen. S. Afr. Pl. ed. 2 (1868), 384.
Pancratium trianthum Herb. in Ann. Nat. Hist. Ser. 1, IV (1840), 28.
GR. NAM: zwischen *! Hoacha ! nas* und *Rehoboth* (nicht in Her. gelegen).
HER.
KAL.: *Kwebe-Hügel am Ngami-See, Lugard 36, 39; *am Ngami-See, Mac Cabe.

Cyanella lutea L. Suppl. (1781), 201 var. ***angustifolia*** Schinz in Bull. Herb. Boiss. IV (1896) App. III, 48.
KAL.

Velloziaceae.

Vellozia hereroensis (Schinz) Baker in Thiselton Dyer Fl. trop. Afr. VII (1898), 411.
Barbacenia hereroensis Schinz in Bull. Herb. Boiss. IV (1896) App. III, 49.
GR. NAM.: *Tsebris* Pass (anstatt Tebris; nicht im Hereroland gelegen).
HER.: östlich von Windhoek auf Glimmerschieferbergen, Dinter 870, bl. II.

***V.* minuta** Baker in Bull. Herb. Boiss. 2e sér. III (1903), 667.
HER.: Epako, Rautanen, bl. III.

Nach Dinter (Deutsch-Südwest-Afrika (1909), 51) kommt auf der Farm Bellerode und auf der Küstenschen Farm Döbra eine Barbacenia (Vellozia) spec. vor, die Dinter mit dem Manuskriptnamen B. Jostiana belegt; bei Brackwater soll diese Pflanze zu Tausenden vorkommen.

Dioscoreaceae.

Dioscorea Dinteri Schinz in Mém. Herb. Boiss. N° 20 (1900), 11.
HER.: Streydfontein (Grootfontein), Dinter 705, bl. 21, V.; Otavi, Otjinene bei Otjenka, Okaruse (Dinter).

D. Quartiniana A. Rich. Tent. Fl. Abyss. II (1851), 316.
AMBOELLA: *am linken Kubango-Ufer bei Kalolo, Baum 440, bl. X.

D. spec.
HER.: Otavi, Dinter 640, fr. 13, IV.
Ohne Laubblätter.

Jridaceae.

Ferraria bechuanica Baker in Thiselton Dyer Fl. trop. Afr. VII (1898), 344.
KAL.: *Ngami-See, Lugard 237, 282.

F. undulata L. Spec. Pl. ed. 2, II (1763), 1353.
KAP-KOL.: Mündung des Oranjeflusses, Drège (fehlt in der Fl. Cap. VI von diesem Standort, ich habe das Exemplar nicht selbst gesehen und entnehme die Angabe der Drègeschen Zusammenstellung.

F. viscaria Schinz in Mém. Herb. Boiss. N° 10 (1900), 77.
GR. NAM.: östlich der Auasberge, Dinter 304, fr. III.
HER.: östlich der Auasberge, Dinter 304, fr. III., Ababis, Dinter 1456, bl. II.
AMB.: *Omupanda in Uukuanyama, Wulfhorst.

Ixia Dinteri Schinz in Mém. Herb. Boiss. N° 20 (1900), 14.
HER.: Spitzkoppjes, auf Sumpfboden, Dinter 32.

Babiana Bainesii Baker in Journ. of Bot. (1876), 335.
GR. NAM.: Rehoboth, Fleck 366; Hornkranz, Fleck; Graspoort bei Tschirub, Dinter 1040, bl. VII.

Moraea cladostachya Baker Handb. Irid. (1892). 58.
KAP-KOL.: Verleptpram, Drège 2610.

Gladiolus edulis Burch. ex Ker. in Bot. Reg. (1817), t. 169.
HER.: Grootfontein (in HER. und nicht in AMB.).

***G.* permeabilis** Delaroche Descr. pl. alig. nov. (1766), 27 t. 2.
HER.: Ebene nördlich vom Waterberg, Dinter 596, bl. 10, IV.

G. spec.
HER.: Waterbergplateau, Dinter 559, bl. 9, IV.

***Antholyza* Duftii** Dinter in Mém. Herb. Boiss. N° 20 (1900), 13.
KAL.: Rietfontein, Otjimokojo, Duft 67, bl. IV.; Kranzfontein, bei Grootfontein, Dinter.

A. saccata (Klatt) Baker Syst. Irid. (1877), 180.
GR. NAM.

***A.* spectabilis** Schinz in Mém. Herb. Boiss. N° 20 (1900), 13.
HER.: Waterbergplateau, Dinter 567, bl. 9, IV.

A. Steingröveri Pax in Engl. Bot. Jahrb. XV (1893), 156.
GR. NAM.: ! Gubub, in einer Felsspalte eines Granithügels, Dinter 1033, bl. VII.

***Lapeyrousia* Bainesii** Baker in Journ. of Bot. (1875), 338.
HER.: Outjo, Rautanen 389 und 139, bl. III.
AMB.: Namakunde, Rautanen 702, bl. 24, III; *Omupanda in Uukuanyama, Wulfhorst 47.
KAL.: *zwischen Kobis und dem Shaw-Tal, Baines; *Kwebe-Hügel am Ngami See, Lugard 179; *nahe Bachakuru, Lugard 242.

L. caudata Schinz in Abh. Bot. Ver. Prov. Brandenb. XXXI (1889), 213.
AMB.: Ondonga, Kestila 132, bl. I., Liljeblad 190, bl. u. fr. I.

L. coerulea Schinz in Abh. Bot. Ver. Prov. Brandenb. XXXI (1889), 212.
HER.
AMB.

L. edulis Schinz in Bull. Herb. Boiss. IV (1896) App. III, 49.
AMB.: *in Uukuanyma, Tönjes.

L. fasciculata Ker in Koen. et Sims Ann. of Bot. I (1805), 237.
GR. NAM.

***L.* porphyrosiphon** Baker in Thiselton Dyer Fl. trop. Afr. VII (1898), 353.
KAL.: *Ngami-See, Lugard 238.

Orchidaceae.

Bestimmt z. T. von Prof. Dr. **Fr. Kränzlin** (Berlin).

Habenaria epipactidea Rchb. in Flora (1867), 100 var. **Schinzii** (Rolfe) Kränzl. nov. comb.
Habenaria Schinzii Rolfe in Thiselton Dyer Fl. trop. Afr. VII (1898), 219.
AMB.: Omatope bei Olukonda, Schinz 2080, bl. 2, I.; Olukonda, Schinz 2081, 4, bl. II., Rautanen, bl. II.

H. perfoliata Kränzlin in Bull. Herb. Boiss. 2[e] sér. II (1902), 942.
AMB.: Olukonda, Rautanen 601, bl. II.

H. polyphylla Kränzlin in Engl. Bot. Jahrb. XVI (1892), 214.
Bonatea foliosa (Sw.) Lindl. Gen. et Spec. Orch. (1835), 329.
HER.: nördlich von Otjeuka, Grasebene, Dinter 638, bl. 13, IV.; Otavi, Dinter 638, bl. 17, IV.
AMB.

H. Rautanenii Kränzlin in Bull. Herb. Boiss. 2e sér. IV (1904), 1008.
AMB.: Olukonda, Rautanen 481, bl. I.

H. trachychila Kränzlin in Bull. Herb. Boiss. 2e sér. IV (1904), 1007.
KAL.: *am Ngami-See, Schinz 2083, bl. VI.

H. aff. **cirrhatae** Rchb. in Flora (1865), 180.
KAL.: auf dem Weg vom Hereroland nach dem Ngami-See, Schinz 2082, bl. VI.
Blüten total zerfressen.

Eulophia hereroensis Schlechter in Bull. Herb. Boiss. IV (1896) App. III, 417.
GR. NAM.: am Weg nach der Matchless-Mine, im Gebüsch, Fleck 412, bl. XI. [sub E. articulata (Schum.) Lindl.]; Hornkranz, Fleck; *Harris* (liegt nicht in HER.).

E. hians (L.) Spreng. Syst. veg. III (1826), 720.
AMB.: Oshiheke bei Olukonda, Schinz 2084, bl. 12, I.

E. Holubii Rolfe in Thiselton Dyer Fl. trop. Afr. VII (1897), 60.
AMB.: Oshiheke bei Olukonda, Schinz.

E. lissochiloides Lindl. in Hook. Comp. Bot. Mag. II (1836), 203.
GR. NAM.: Südabhang der östlichen Auasberge, unter buschigen Akazien, Dinter 803, bl. X.

Lissochilus hereroensis Kränzlin in Bull. Herb. Boiss. 2me Sér. VIII (1908), 626.
HER.: Sperlingslust, auf Glimmerschiefer, Dinter 816, bl. X.

L. leucanthus Kränzlin in Bull. Herb. Boiss. 2me sér. IV (1904), 1009.
AMB.: zwischen Ondonga und Uukuambi, Rautanen 482, bl. II.

L. Wakefieldii Rchb. et S. Moore in Journ. of Bot. (1878), 136.
Eulophia dispersa N. E. Brown in Kew Bull. Misc. Inform. (1892), 127.

AMB.: zwischen Ondonga und Uukuambi, Rautanen 226; *Omupanda in Uukuanyama, Wulfhorst 49.
KAL.: *beim Ngami-See, Mc Cabe.
„Onjanja“ (Otjikuan.).

Salicaceae.

Salix capensis Thunb. Fl. Cap. ed. 1 (1823), 139 var ***gariepina*** Anders. Salic. Mon. (1867), 13.

GR. NAM.

„‡ *Huib*“ und „‡ *Nu heis*“ (Nam.).

Moraceae.

Zum Teil bearbeitet von Prof. Dr. **Otto Warburg** (Berlin).

***Ficus* cordata** Thunb. Diss. de Ficu Gen. (1786), No. 6 c. ic.

F. cordata Thunb. var. *Marlothii* Warb. in Vierteljahrsschr. zürch. naturf. Ges. LI (1906), 137.

F. cordata Thunb. var. *Fleckii* Warb. l. c. 138.

GR. NAM.: am Oranjefluss, Fleck 385 a, 395; Garub, Range 288; Nante, Range 443; Fettkluft, Range 816.

HER.: ! Kuisib, Fleck 268 b, 386 a, 387 a; Gam-koichas, Dinter 1466; Okahandja, Dinter II, 475, bl. I; Atsab, Hartmann 165; Ganaams, Hartmann 206; Salem am Tsoachaub, Fritsch 22; Otjikoto, Fritsch 100.

***F.* gnaphalocarpa** (Miq.) A. Rich. Tent. Fl. Abyss. II (1851), 270.

F. damarensis Engl. Bot. Jahrb. X (1889), 5.

GR. NAM.: Rehoboth, Fleck 809 a; Voigts Farm in Ababis (Dinter).

HER.: Auweb, Schinz 39, steril III.; Oshando, Schinz 38, fr. III.; Grootfontein, Schinz 2057; Waterberg, Schinz 2056; ! Kuisib, Fleck 389 a, fr. VI, 700; Salem, Guigab (Dinter); (ohne nähere Standortsangabe,) Fritsch 132.

AMB: *Onkumbi am Kunene, Schinz 2056, Baum (sub *Ficus hereroensis* Engler in Baum Sambesi-Kunene Expedit. [1903], 219).

***F.* Petersii** Warb. in Engl. Bot. Jahrb. XX (1894), 164.

F. Dinteri Warb. in Vierteljahrsschr. zürch. naturf. Ges. LI (1906), 141.

HER.: Otavi, Dinter 621, bl. IV, 908, Feigen essbar; um Grootfontein (Dinter), Fritsch 81.

F. Gürichiana Engl. Bot. Jahrb. XIX (1894), 130.

GR. NAM.: Numis, Fleck 47 a; Rehoboth, Fleck 868, Gürich; Eros, Dinter 1346 a, steril XII.; Tiras, Range 473, 3 m hoch, dicht den Felsen aufliegend.

HER.: Spitzkoppjes, über die Granitfelsen sich legender Baum, Dinter 81, 270, bl. I.; Kamelneck, am Bockberg, über Felsen hin kriechend, Gürich 59; Okahandja, polsterartig Granitwände überziehend, Dinter 270; Otjitambi (Gürich).

F. **rupium** Dinter nom. nud. in Dinter Deutsch-Südwest-Afrika (1909), 54.
GR. NAM.: Inachab, in Schluchten (Dinter).
HER.: Salem, in den zum Tsoachaub führenden Rivieren, Okahandja am Wilhelmsberg, Teufelsbecher-Schlucht (Dinter).

Cannabis sativa L. Spec. Pl. ed. I (1753), 1027.
AMB.: in Ondonga der narkotischen Eigenschaften wegen kultiviert, Rautanen, fr. XII.
„*Epangua*" (Osh.).

Urticaceae.

Droguetia cuneata (Eckl. et Zeyh.) Buek Ind. Gen. DC. Prodr. IV (1874), 122.
Parietaria cuneata Eckl. et Zeyh. in Flora XXVIII (1845), 88 non Weddel.
HER.: Grootfontein, Dinter 713, bl. 14, VI.

Forskohlea candida L. Suppl. (1781), 245.
GR. NAM.
HER.: Windhoek, Okahandja (Dinter).

F. hereroensis Schinz in Bull. Herb. Boiss. IV (1896) App. III, 51.
HER.: Mündung des Tsoachaub, Dinter 56.

Urera Engleriana Dinter Deutsch-Südwest-Afrika (1909), 55.
HER.: Waterberg an der Quelle, Teufelsbecher, Farm Döbra, Spitzkoppje, Otavi („Dinter").

Fleurya aestuans (L.) Gaudich. Uran. (1826), 196 var. **Linnaeana** Weddel in DC. Prodr. XVI (1869), 72.
HER.: bei | Obib, Fleck 763, bl. II; Gansberg, in Talrinnen, Fleck 764.

Pouzolzia hypoleuca Wedd. in DC. Prodr. XVI, 1 (1869), 227.
HER.: Waterberg, Dinter 524, bl. III.

Neuer Beweis für die Darstellbarkeit definiter biquadratischer Funktionen als Summe von fünf Quadraten.

Von

Werner Wolff.

Herr Landau [1]) hat den Satz bewiesen, dass jede definite biquadratische Funktion einer Variabeln mit rationalen Koeffizienten sich als Summe von sechs Quadraten von Funktionen mit rationalen Koeffizienten darstellen lässt. An den Beweis dieses Satzes schliesst Herr Fleck [2]) an und zeigt, dass jede solche Funktion sich schon in eine Summe von fünf Quadraten zerlegen lässt. Der im Folgenden auseinandergesetzte neue Beweis dieses Satzes von der Darstellbarkeit jeder definiten biquadratischen Funktion als Summe von fünf Quadraten, trachtet danach, einfacher als der Flecksche zu sein, und stützt sich ebenfalls auf die genannte Arbeit von Herrn Landau. Er wird die komplizierteren Fälle durch linear gebrochene Substitutionen auf die einfacher zu erledigenden zurückführen, und indem dieses Verfahren ausgiebig angewendet wird, gestaltet sich der Beweis des Fleckschen Satzes wesentlich übersichtlicher.

Die Anregung dieser Arbeit verdanke ich Herrn Landau, der auch bei ihrer endgültigen Gestaltung mir mit wertvollem Rat zur Seite stand. Ich spreche hier Herrn Landau meinen besten Dank aus.

§ 1.

Wir wollen von vornherein festsetzen, dass wenn die Ausdrücke: „eine definite Funktion ist als Summe von Quadraten darstellbar“ oder „sie ist in eine gewisse Anzahl von Quadraten zerlegbar“, der Kürze wegen gebraucht werden, dass dies stets heissen soll: die definite Funktion ist darstellbar als Summe von Quadraten mit rationalen Koeffizienten (z. B.: jede positive rationale Zahl ist in vier Quadrate zerlegbar).

---

[1]) Archiv der Mathematik und Physik, 3. Reihe, Bd. 7, 1904, S. 271—277. (Hier kommen in Betracht: S. 275—277).

[2]) Archiv d. Math. u. Phys., 3. Reihe, Bd. 10, 1906, S. 23—38 u. S. 378; und ebendort 3. Reihe, Bd. 16, 1910, S. 275—276.

Wir wollen nun ausgehen von der definiten biquadratischen Funktion:

$$f(x) = a\,x^4 + b\,x^3 + c\,x^2 + d\,x + e,$$

in der die Koeffizienten a, b, c, d und e rationale Zahlen bedeuten. Wenn wir sagen $f(x)$ sei definit, so soll das heissen, dass für jedes reelle x

$$f(x) \geqq 0$$

ist. Es darf $a \gtreqless 0$ angenommen werden, da sonst die Funktion höchstens vom Grad 2 ist, und Herr Landau [1]) hat den Satz bewiesen, dass jede definite quadratische Funktion in fünf Quadrate zerlegbar ist. Aus $a \gtreqless 0$ folgt aber

$$a > 0.$$

Wir führen in $f(x)$ die Substitution

$$x = \frac{\alpha\,y + \beta}{\gamma\,y + \delta}$$

aus, wo α, β, γ und δ rationale Zahlen sind, deren Determinante $\alpha\,\delta - \beta\,\gamma$ ungleich Null ist. Es ist dann

$$f\left(\frac{\alpha\,y+\beta}{\gamma\,y+\delta}\right) = a\left(\frac{\alpha\,y+\beta}{\gamma\,y+\delta}\right)^4 + b\left(\frac{\alpha\,y+\beta}{\gamma\,y+\delta}\right)^3 + c\left(\frac{\alpha\,y+\beta}{\gamma\,y+\delta}\right)^2 + \\ + d\left(\frac{\alpha\,y+\beta}{\gamma\,y+\delta}\right) + e,$$

und wenn wir mit $(\gamma\,y + \delta)^4$ erweitern:

$$F(y) = (\gamma\,y + \delta)^4 \cdot f\left(\frac{\alpha\,y+\beta}{\gamma\,y+\delta}\right) = a\,(\alpha y + \beta)^4 + b\,(\alpha y + \beta)^3\,(\gamma y + \delta) + \\ + c\,(\alpha\,y + \beta)^2\,(\gamma\,y + \delta)^2 + d\,(\alpha\,y + \beta)\,(\gamma\,y + \delta)^3 + e\,(\gamma\,y + \delta)^4.$$

Ordnen wir nach Potenzen von y, so können wir schreiben:

$$F(y) = a'\,y^4 + b'\,y^3 + c'\,y^2 + d'\,y + e',$$

und hier sind die Koeffizienten wieder rationale Zahlen. Ist jetzt diese neu entstandene Funktion $F(y)$ als Summe von fünf Quadraten darstellbar, so folgt auch das gleiche für die ursprüngliche Funktion $f(x)$. Nämlich wenn

$$F(y) = \sum_{i=1}^{5} (r_i\,y^2 + s_i\,y + t_i)^2$$

ist, r_i, s_i, t_i rationale Zahlen, so übe man die inverse Substitution

$$y = \frac{\delta\,x - \beta}{-\gamma\,x + \alpha}$$

aus. Dann wird aus $F(y)$:

$$\left(\gamma\frac{\delta\,x-\beta}{-\gamma\,x+\alpha} + \delta\right)^4 f(x) = \sum_{i=1}^{5}\left\{r_i\left(\frac{\delta\,x-\beta}{-\gamma\,x+\alpha}\right)^2 + s_i\frac{\delta\,x-\beta}{-\gamma\,x+\alpha} + t_i\right\}^2.$$

[1]) Archiv d. Math. u. Phys., 3. Reihe, Bd. 7, 1904, S. 273—275.

Erweitert man mit $(-\gamma x+\alpha)^4$, so folgt:

$$(\alpha\delta-\beta\gamma)^4 f(x)=\sum_{i=1}^{5}\Big\{r_i(\delta x-\beta)^2+s_i(\delta x-\beta)(-\gamma x+\alpha)+$$
$$+t_i(-\gamma x+\alpha)^2\Big\}^2,$$

und hieraus ergibt sich schliesslich:

$$f(x)=\sum_{i=1}^{5}(r_i^* x^2+s_i^* x+t_i^*)^2,$$

wo r_i^*, s_i^*, t_i^* rationale Zahlen sind. Wenn also der Satz, den wir beweisen wollen, für die durch die Substitution $x=\frac{\alpha y+\beta}{\gamma y+\delta}$ entstandene Funktion $F(y)$ gilt, so gilt er auch für die ursprüngliche Funktion $f(x)$.

Nachdem dies vorausgeschickt worden ist, können wir über $f(x)$ verschiedene Annahmen machen, ohne die Allgemeinheit einzuschränken. Zuerst können wir voraussetzen, dass in

$$f(x)=a x^4+b x^3+c x^2+d x+e$$

der Koeffizient b Null ist. Denn wäre b von Null verschieden, so würde die rationalzahlige Substitution $x=y-\frac{b}{4a}$ eine definite biquadratische Funktion ohne kubisches Glied ergeben, und ist diese letztere dann in fünf Quadrate zerlegbar, so ist es auch die ursprüngliche.

Ferner können wir annehmen, dass die Funktion

$$f(x)=a x^4+c x^2+d x+e$$

keine mehrfache reelle oder komplexe Wurzel besitzt, also insbesondere (weil es definit ist) keine reelle Wurzel besitzt. Andernfalls hätte $f(x)$ nämlich die Gestalt

$$f(x)=g^2(x)\cdot h(x),$$

wo $h(x)$ definit quadratisch oder konstant ist, sodass also $h(x)$ in fünf Quadrate zerlegbar wäre. Es würde dann das gleiche für $f(x)$ folgen. Dann lautet der Landausche Satz [1]), den wir später gebrauchen werden:

Für jede definite biquadratische Funktion mit rationalzahligen Koeffizienten, ohne mehrfache Wurzeln und ohne kubisches Glied,

---

[1]) Arch. d. Math. u. Phys., 3. Reihe, Bd. 7, 1904, S. 275—277.

haben alle rationalen Grössen $\varkappa$ eines endlichen Intervalles, das die Null nicht enthält, die Eigenschaft, dass

$$\varphi(x) = f(x) - \left(\varkappa x + \frac{d}{2\varkappa}\right)^2 = a\,x^4 + (c - \varkappa^2)\,x^2 + e - \frac{d^2}{4\varkappa^2}$$

in $x^2 = u$ definit wird.

Dieser Satz ist algebraisch einfach zu beweisen.

Nun können wir weiter annehmen, dass die Koeffizienten von $f(x)$ ganze Zahlen sind, indem wir im andern Falle schreiben würden:

$$f(x) = \frac{1}{N^2}(N^2\,a\,x^4 + N^2\,c\,x^2 + N^2\,d\,x + N^2 e) = \frac{1}{N^2}f_1(x),$$

wo N der gemeinsame Nenner der rationalen Zahlen a, c, d, e ist. Ist $f_1(x)$ in fünf Quadrate zerlegbar, so folgt aus obiger Gleichung dasselbe für $f(x)$.

Schliesslich werden wir zeigen, dass noch angenommen werden kann, dass der Koeffizient d von Null verschieden ist. Es sei also $d = 0$, und ich will zeigen, dass ich diesen Fall auf den Fall $d \neq 0$, nebst $b = 0$ und rationalen ganzen a, c, d, e zurückführen kann. Es sei demnach:

$$f(x) = a\,x^4 + c\,x^2 + e.^{1)}$$

Wir unterscheiden nun zwei Fälle:

I. Es sei $4\,a\,e - c^2 = 0$. Dann würde für

$$f(x) = a\,x^4 + c\,x^2 + e = a\left(x^2 + \frac{c}{2\,a}\right)^2$$

die Zerlegung in vier Quadrate ohne weiteres folgen; denn da a eine positive ganze rationale Zahl ist, so ist a in vier Quadrate zerlegbar und also auch $f(x)$.

II. Es sei $4\,a\,e - c^2 \gtrless 0$. Ich führe hier die Substitution

$$x = \frac{\alpha\,y + \beta}{\gamma\,y + \delta}$$

in $f(x)$ aus, wo α, β, γ, δ ganze Zahlen bedeuten sollen, deren Determinante ungleich Null ist. Dann betrachte ich, wie es früher geschehen ist, die Funktion

$$F(y) = a\,(\alpha\,y + \beta^4) + c\,(\alpha\,y + \beta)^2\,(\gamma\,y + \delta)^2 + e\,(\gamma\,y + \delta)^4 =$$
$$= a'\,y^4 + b'\,y^3 + c'\,y^2 + d'\,y + e',$$

[1] Auch wenn $f(x) = a\,x^4 + c\,x^2 + e$ definit ist, so braucht $f(u) = a\,u^2 + c\,u + e$ nicht auch definit zu sein, sodass wir diese quadratische Funktion nicht dazu benützen können, um die Zerlegung der biquadratischen Funktion $f(x)$ in fünf Quadrate nachzuweisen. Wir wissen ja, dass jede quadratische definite Funktion so zerlegbar ist. (Vergl. § 1.) Siehe Fleck, Berichtigung: Arch. d. Math. u. Phys., 3. Reihe, Bd. 16, 1910, S. 275—276.

wo a', b', c', d', e' ganz sind. Wenn ich zeigen kann, dass ich die Substitutionskoeffizienten so wählen kann, dass $b' = 0$ und $d' \neq 0$ ist, so habe ich nach dem Vorausgeschickten den Fall $d = 0$ auf den Fall $d \neq 0$ zurückgeführt. Aus der letzten Gleichung folgt:

$$b' = 4\,a\,\alpha^3\,\beta + 2\,c\,(\alpha^2\,\gamma\,\delta + \alpha\,\beta\,\gamma^2) + 4\,e\,\gamma^3\,\delta,$$
$$d' = 4\,a\,\alpha\,\beta^3 + 2\,c\,(\alpha\,\beta\,\delta^2 + \beta^2\,\gamma\,\delta) + 4\,e\,\gamma\,\delta^3.$$

In b' kommen β und δ getrennt und linear vor:

$$b' = (4\,a\,\alpha^3 + 2\,c\,\alpha\,\gamma^2)\,\beta + (2\,c\,\alpha^2\,\gamma + 4\,e\,\gamma^3)\,\delta.$$

Setzt man also

$$\beta = -(2\,c\,\alpha^2\,\gamma + 4\,e\,\gamma^3)$$
$$\delta = +(4\,a\,\alpha^3 + 2\,c\,\alpha\,\gamma^2),$$

so wird b' verschwinden. Hier sind α und γ noch beliebig zu wählende ganze Zahlen, nur soll die Determinante

$$\alpha\,\delta - \beta\,\gamma = 4\,a\,\alpha^4 + 4\,c\,\alpha^2\,\gamma^2 + 4\,e\,\gamma^4$$

nicht verschwinden. In diesem Ausdruck sind nicht alle Koeffizienten Null, so dass es sicherlich ganze Zahlen α, γ gibt, für welche $\alpha\,\delta -$ $- \beta\,\gamma \neq 0$ ist. Das wird so gemacht, dass man γ gleich einer festen Zahl setzt, z. B. 1, und für α irgend eine ganze Zahl von einer gewissen Stelle an wählt. Gerade dies ist wesentlich, da nachher für α eine weitere Bedingung zu erfüllen ist.

Die Werte für β und δ setzen wir in den Ausdruck für d' ein und erhalten:

$$d' = -4a\alpha(2c\alpha^2\gamma + 4e\gamma^3)^3 - 2c\alpha\,(2c\alpha^2\gamma + 4e\gamma^3)\,(4a\alpha^3 + 2c\alpha\gamma^2)^2 +$$
$$+ 2\,c\,\gamma\,(2\,c\,\alpha^2\,\gamma + 4\,e\,\gamma^3)^2\,(4\,a\,\alpha^3 + 2\,c\,\alpha\,\gamma^2) + 4\,e\,(4\,a\,\alpha^3 + 2\,c\,\alpha^2\,\gamma)^3.$$

Hierin tritt α in der höchsten Potenz in den Termen $\alpha^9\,\gamma$ auf und zwar ergeben bei Ausmultiplikation der zweite und letzte Summand Terme, die mit $\alpha^9\,\gamma$ multipliziert sind. Man findet als Koeffizient von $\alpha^9\,\gamma$

$$4^4\,a^3\,e - 4^3\,a^2\,c^2 = 4^3\,a^2\,(4\,a\,e - c^2),$$

und da $a > 0$ ist und $4\,a\,e - c^2 \gtrless 0$, so ist dieser Koeffizient von Null verschieden, und daher kann d' Werte annehmen, die ungleich Null sind. Das kann so gemacht werden, dass man $\gamma = 1$ setzt und α so gross wählt, dass sowohl die Determinante $\alpha\,\delta - \beta\,\gamma$ als auch d' von Null verschieden werden.

Demnach kann im folgenden in

$$f(x) = a\,x^4 + c\,x^2 + d\,x + e$$

d von Null verschieden angenommen werden und $a > 0$; a, c, d, e ganzzahlig.

§ 2.

Nach dem Landauschen Satz konnten wir schreiben:

$$\varphi(x) = f(x) - \left(\varkappa x + \frac{d}{2\,\varkappa}\right)^2 = a\,x^4 + (c - \varkappa^2)\,x^2 + e - \frac{d^2}{4\,\varkappa^2},$$

wobei $\varphi(x)$ definit in $x^2 = u$ ist. Wie a so ist auch e grösser als Null, denn $f(0) \neq 0$, weil $f(x)$ keine reelle Wurzel hat. Wenn ich also zeigen kann, dass $\varphi(x)$ als Summe von vier Quadraten darstellbar ist, so folgt daraus die Zerlegung von $f(x)$ in fünf Quadrate. Um dies zu zeigen, schreiben wir:

$$\begin{aligned}\varphi(x) &= a\left\{\left(x^2 + \frac{c - \varkappa^2}{2\,a}\right)^2 + \frac{1}{a}\left(e - \frac{d^2}{4\,\varkappa^2}\right) - \left(\frac{c - \varkappa^2}{2\,a}\right)^2\right\} \\ &= a\left\{\left(x^2 + \frac{c - \varkappa^2}{2\,a}\right)^2 + \frac{4\,a\,e\,\varkappa^2 - a\,d^2 - (c - \varkappa^2)^2\,\varkappa^2}{4\,a^2\,\varkappa^2}\right\}.\end{aligned}$$

a ist immer als Summe von vier Quadraten darstellbar. Wenn ich demnach zeigen kann, dass der Ausdruck in der Klammer in vier Quadrate zerfällbar ist, so folgt das gleiche auch für $\varphi(x)$, denn es besteht die bekannte Identität:

$$\begin{aligned}&(a_1^2 + a_2^2 + a_3^2 + a_4^2)\,(b_1^2 + b_2^2 + b_3^2 + b_4^2) = \\ &= (a_1\,b_1 + a_2\,b_2 + a_3\,b_3 + a_4\,b_4)^2 + (a_1\,b_2 - a_2\,b_1 + a_3\,b_4 - a_4\,b_3)^2 + \\ &+ (a_1\,b_3 - a_2\,b_4 - a_3\,b_1 + a_4\,b_2)^2 + a_1\,(b_4 + a_2\,b_3 - a_3\,b_2 - a_4\,b_1)^2,\end{aligned}$$

nach der ein Produkt aus zwei Summen von je vier Quadraten rationalzahliger Funktionen stets als eine Summe dergleichen Art darstellbar ist. Um den Fleckschen Satz zu beweisen, ist es also hinreichend zu zeigen, dass die Grösse

$$\Phi = \frac{4\,a\,e\,\varkappa^2 - a\,d^2 - (c - \varkappa^2)^2\,\varkappa^2}{4\,a^2\,\varkappa^2} = \frac{(4\,a\,e - c^2)\,\varkappa^2 + 2\,c\,\varkappa^4 - \varkappa^6 - a\,d^2}{4\,a^2\,\varkappa^2}$$

selbst oder die durch eine Substitution $x = \frac{\alpha\,y + \beta}{\gamma\,y + \delta}$ in $f(x)$ transformierte Grösse Φ durch geeignete Wahl von $\varkappa$, wobei $\varphi(x)$ definit in x^2 bleibt, in drei Quadrate zerlegt werden kann. Kann ich dieses von

$$\Phi_1 = (4\,a\,e - c^2)\,\varkappa^2 + 2\,c\,\varkappa^4 - \varkappa^6 - a\,d^2$$

zeigen, so gilt es auch für Φ, und setzt man

$$\varkappa = \frac{l}{m},$$

wo l und m ganze Zahlen sind, so genügt es diesen Umstand für

$$\Phi_2 = (4\,a\,e - c^2)\,l^2\,m^4 + 2\,c\,l^4\,m^2 - l^6 - a\,d^2\,m^6$$

nachzuweisen. [1])

Zu beachten ist noch, dass $\varphi(x)$ stets definit in $x^2 = u$ bleibt, solange sich $\varkappa$ als rationale Zahl in einem ganzen endlichen Intervall bewegt. Wir hatten $\varkappa = \frac{l}{m}$ gesetzt und wir werden im folgenden

$$l = 2^\nu\,(8\,p + r_1),$$
$$m = 8\,q + r_2$$

setzen, also

$$\varkappa = \frac{l}{m} = \frac{2^\nu\,(8\,p + r_1)}{8\,q + r_2},$$

wo p und q irgendwelche frei verfügbare ganze Zahlen bedeuten, ν eine feste positive ganze Zahl ist, und r_1 und r_2 eine feste der Zahlen 1, 3, 5, 7 bedeuten. Nun liegen die rationalen Zahlen von der Form

$$\frac{2^\nu\,(8\,p + r_1)}{8\,q + r_2}$$

überall dicht verteilt. Denn in jedem noch so kleinen Intervall von der Breite ε liegt eine Zahl obiger Form. Wir brauchen dazu nämlich nur zu zeigen, dass eine Zahl von der Form $\frac{8\,p + r_1}{8\,q + r_2}$ in dem Intervall von der Breite $\frac{\varepsilon}{2^\nu} = \varepsilon'$ liegt. Wir wählen für q eine so grosse Zahl, dass $\frac{1}{q} < \varepsilon'$ ist. Dann liegen zwei aufeinander folgende Zahlen $\frac{8\,p + r_1}{8\,q + r_2}$ und $\frac{8\,(p+1) + r_1}{8\,q + r_2}$ in dem Abstand $\frac{8}{8\,q + r_2}$ von einander entfernt, der nach der Wahl von q kleiner als ε' ist. Daher muss es ein p geben, sodass $\frac{8\,p + r_1}{8\,q + r_2}$ in das Intervall von der Breite ε' fällt und folglich fällt auch die Zahl $\frac{2^\nu\,(8\,p + r_1)}{8\,q + r_2}$ in das Intervall von der Breite ε. Das Intervall, indem sich $\varkappa$ als rationale Zahl bewegen kann, ohne dass $\varphi(x)$ aufhört definit in $x^2 = u$ zu sein, enthält demnach unendlich viele Zahlen der Form $\frac{2^\nu\,(8\,p + r_1)}{8\,q + r_2}$, und folglich kann $\varkappa = \frac{l}{m}$ selber als eine rationale Zahl dieser Form angenommen werden.

---

[1]) Auch Herr Fleck geht bei seinem Beweise von dieser Grösse Φ_2 aus. Es beginnt hier meine eigentliche Arbeit.

§ 3.

Wir haben von der Grösse

$$\Phi_2 = (4\,a\,e - c^2)\,l^2\,m^4 + 2\,c\,l^4\,m^2 - l^6 - a\,d^2\,m^6$$

auszugehen. ad^2 ist von Null verschieden, und ich ziehe aus dieser Zahl die höchste Potenz von 4 hinaus und schreibe:

$$a\,d^2 = 2^{2\mu} A;\;\; A \equiv 1, 2, 3, 5, 6, 7 \pmod 8.$$

Dann setze ich in Φ_2

$$l = 2^{\mu+2} L \text{ und } m = M$$

ein, wo L und M ungerade Zahlen bedeuten, über die noch verfügt werden wird. So ergibt sich:

$$\Phi_2 = \left(4\,a\,e - c^2\right) 2^{2\mu+4} L^2 M^4 + 2\,c \cdot 2^{4\mu+8} L^4 M^2 - 2^{6\mu+12} L^6 - 2^{2\mu} A\,M^6$$

$$= 2^{2\mu}\left\{\left(4\,a\,e - c^2\right) 2^4 L^2 M^4 + 2\,c \cdot 2^{2\mu+8} L^4 M^2 - 2^{4\mu+12} L^6 - A\,M^6\right\}.$$

Φ_2 ist seiner Bedeutung nach positiv für alle solchen Wertpaare l, m, dass $\frac{l}{m}$ einem bestimmten Intervall angehört. Im andern Fall wäre dann auch Φ negativ und demnach $\varphi(x)$ nicht definit in x^2.

Ist nun $A \equiv 1 \pmod{8,}$ so erhält Φ_2 die Gestalt $2^{2\mu}(8\,n + 7)$, und da bekanntlich nur die Zahlen von der Form

$$2^{2\mu}\left(8\,n + 1\right),\;\; 2^{2\mu}\left(8\,n + 2\right),\;\; 2^{2\mu}\left(8\,n + 3\right),\;\; 2^{2\mu}\left(8\,n + 5\right),\;\; 2^{2\mu}\left(8\,n + 6\right)$$

in drei Quadrate zerlegbar sind, so muss dieser Fall später besonders behandelt werden. Ist dagegen

$$A \equiv 2, 3, 5, 6, 7 \pmod 8,$$

so erhält Φ_2 eine der obigen fünf Formen und ist also dann in drei Quadrate zerlegbar. Nach der am Schluss von § 2 gemachten Bemerkung bleibt $\varphi(x)$ bei dieser Bestimmung von $\varkappa = \frac{l}{m} = \frac{2^{2\mu} L}{M}$ definit in x^2, wenn nur L und M als ungerade Zahlen entsprechend gewählt werden.

So bleibt also alleine der Fall

$$ad^2 = 2^{2\mu} A,\;\; A \equiv 1 \pmod 8$$

übrig. Zu diesem H a u p t f a l l gehört z. B. $a = 1$; denn da d^2 von der Form $2^{2\nu}(8\,n + 1)$ ist, so muss a hier die Gestalt $2^{2\alpha_1}(8\,n + 1)$

haben. Aus den Koeffizienten c und d ziehen wir die höchste Potenz von 2 heraus und setzen:

$$\text{für } c \gtrless 0: \; c = 2^{c_1} c_2, \qquad (c_1 \geqq 0),$$

wobei c_2 eine ungerade Zahl ist. Ist $c = 0$, so verstehe man unter c_1 irgend eine positive ganze Zahl, während $c_2 = 0$ gesetzt wird. Ferner schreiben wir:

$$d = 2^{d_1} d_2, \qquad (d_1 \geqq 0),$$

wobei d_2 ungerade ist. Aus e ziehen wir die höchste Potenz von 4 heraus und setzen

$$e = 2^{2 e_1} \cdot e_2,$$

wo e_2 nach dem Modul 8 die Reste 1, 2, 3, 5, 6, 7 lässt. Es ist also

$$f(x) = 2^{2 a_1} a_2 x^4 + 2^{c_1} c_2 x^2 + 2^{d_1} d_2 x + 2^{2 e_1} e_2,$$

wo a_1, c_1, d_1, e_1 ganze Zahlen grösser oder gleich Null sind; $a_2 \equiv 1 \pmod 8$ ist; c_2 und d_2 ungerade Zahlen sind; und e_2 ungerade oder höchstens durch die erste Potenz von 2 teilbar ist.

Hiebei kann nun für den Nachweis des Fleckschen Satzes angenommen werden, dass die Exponenten den Ungleichungen

$$\begin{aligned} 2 a_1 &\geqq 2 e_1 \\ c_1 &\geqq 2 e_1 \\ d_1 &\geqq 2 e_1 \end{aligned}$$

genügen. Denn wäre das nicht der Fall, so würde man eine Substitution $x = 2^{\varrho} y$, ϱ positiv und ganz, ausüben und hätte:

$$\begin{aligned} f(y) &= 2^{2 a_1 + 4 \varrho} a_2 y^4 + 2^{c_1 + 2 \varrho} c_2 y^2 + 2^{d_1 + \varrho} d_2 y + 2^{2 e_1} e_2 \\ &= 2^{2 a_1'} a_2 y^4 + 2^{c_1'} c_2 y^2 + 2^{d_1'} d_2 y + 2^{2 e_1} e_2. \end{aligned}$$

Wird nun ϱ genügend gross gewählt, so gelten für die Exponenten dieser neuen Funktion die Ungleichungen

$$\begin{aligned} 2 a_1' &= 2 a_1 + 4 \varrho \geqq 2 e_1, \\ c_1' &= c_1 + 2 \varrho \geqq 2 e_1, \\ d_1' &= d_1 + \varrho \geqq 2 e_1. \end{aligned}$$

Ist diese neue Funktion in y in fünf Quadrate zerlegbar, so ist es auch die ursprüngliche, und diese transformierte Funktion erfüllt auch alle Voraussetzungen, die für $f(x)$ gegolten haben. a_2 ist unverändert geblieben, der Koeffizient von y ist wieder von Null verschieden, mehrfache Wurzeln sind sicherlich keine da.

Kehren wir zu den alten Bezeichnungen zurück, so lässt sich

$$f(x) = 2^{2a_1} a_2 x^4 + 2^{c_1} c_2 x^2 + 2^{d_1} d_2 x + 2^{2e_1} e_2$$

in der Form schreiben:

$$f(x) = 2^{2e_1} \{2^{2a_1 - 2e_1} a_2 x^4 + 2^{c_1 - 2e_1} c_2 x + 2^{d_1 - 2e_1} d_2 x + e_2\},$$

wobei die Exponenten von 2 positiv oder Null sind. Ist die Funktion in der Klammer in fünf Quadrate zerlegbar, so ist es auch $f(x)$. Wir können folglich $f(x)$ in der Gestalt annehmen:

$$f(x) = 2^{2a_1} a_2 x^4 + 2^{c_1} c_2 x^2 + 2^{d_1} d_2 x + e_2;$$

hiebei ist:

$$a_2 \equiv 1; \quad c_2 \equiv 1, 3, 5, 7 \pmod 8), \text{ oder } c_2 = 0;$$
$$d_2 \equiv 1, 3, 5, 7 \pmod 8); \; e_2 \equiv 1, 2, 3, 5, 6, 7 \pmod 8).$$

Wir führen nun in $f(x) = a x^4 + c x^2 + d x + e$ wieder eine Substitution aus:

$$x = \frac{\alpha y + \beta}{\gamma y + \delta}, \quad \alpha \delta - \beta \gamma \neq 0$$

und betrachten wie früher die Funktion

$$F(y) = a(\alpha y + \beta)^4 + c(\alpha y + \beta)^2 (\gamma y + \delta)^2 + d(\alpha y + \beta)(\gamma y + \delta)^3 + \\ + e(\gamma y + \delta)^4 = \\ = a' y^4 + b' y^3 + c' y^2 + d' y + e'.$$

Es interessieren uns die Koeffizienten:

$$a' = a \alpha^4 + c \alpha^2 \gamma^2 + d \alpha \gamma^3 + e \gamma^4.$$
$$b' = 4 a \alpha^3 \beta + 2 c (\alpha^2 \gamma \delta + \alpha \beta \gamma^2) + d(3 \alpha \gamma^2 \delta + \beta \gamma^3) + 4 e \gamma^3 \delta.$$
$$d' = 4 a \alpha \beta^3 + 2 c (\alpha \beta \delta^2 + \beta^2 \gamma \delta) + d(3 \beta \gamma \delta^2 + \alpha \delta^3) + 4 e \gamma \delta^3.$$

Es soll $b' = 0$ sein. Wir können b' in der Form schreiben:

$$b' = (4 a \alpha^3 + 2 c \alpha \gamma^2 + d \gamma^3) \beta + (2 c \alpha^2 \gamma + 3 d \alpha \gamma^2 + 4 e \gamma^3) \delta,$$

und wird

$$\beta = -\gamma (2 c \alpha^2 + 3 d \alpha \gamma + 4 e \gamma^2)$$
$$\delta = 4 a \alpha^3 + 2 c \alpha \gamma^2 + d \gamma^3$$

gesetzt, so wird $b' = 0$.

Jetzt wollen wir für α und γ je eine Bedingung festsetzen. Es sei

$$\alpha \equiv \alpha_0 \pmod 8,$$

wo α_0 eine positive ganze Zahl kleiner als 8 bedeutet. Ferner sei

$$\gamma = 2^{\gamma_1} \Gamma, \quad \Gamma \equiv \Gamma_0 \pmod 8,$$

wo γ_1 eine ganze Zahl grösser oder gleich Null bedeutet und Γ_0 eine positive ganze Zahl kleiner als 8. In Übereinstimmung mit diesen Bedingungen werden nun α und γ so bestimmt, dass erstens die Determinante

$$\alpha\delta - \beta\gamma = 4\,a\,\alpha^4 + 4\,c\,\alpha^2\gamma^2 + 4\,d\,\alpha\,\gamma^3 + 4\,e\,\gamma^4$$

von Null verschieden ist (was sicherlich erreicht werden kann), und zweitens dass d' von Null verschieden wird, wenn man darin für β und δ die Ausdrücke in α und γ einsetzt. Es ist:

$$\begin{aligned} d' = & -4\,a\,\alpha\,\gamma^3 (2\,c\,\alpha^2 + 3\,d\,\alpha\,\gamma + 4\,e\,\gamma^2)^3 - \\ & - 2\,c\,\alpha\,\gamma (2\,c\,\alpha^2 + 3\,d\,\alpha\,\gamma + 4\,e\,\gamma^2) \cdot (4\,a\,\alpha^3 + 2\,c\,\alpha\,\gamma^2 + d\,\gamma^3)^2 + \\ & + 2\,c\,\gamma^3 (2\,c\,\alpha^2 + 3\,d\,\alpha\,\gamma + 4\,e\,\gamma^2)(4\,a\,\alpha^3 + 2\,c\,\alpha\,\gamma^2 + d\,\gamma^3) - \\ & - 3\,d\,\gamma^2 (2\,c\,\alpha^2 + 3\,d\,\alpha\,\gamma + 4\,e\,\gamma^2)(4\,a\,\alpha^3 + 2\,c\,\alpha\,\gamma^2 + d\,\gamma^3)^2 + \\ & + d\,\alpha (4\,a\,\alpha^3 + 2\,c\,\alpha\,\gamma^2 + d\,\gamma^3)^3 + 4\,e\,\gamma (4\,a\,\alpha^3 + 2\,c\,\alpha\,\gamma^2 + d\,\gamma^3)^3. \end{aligned}$$

Hierin verschwinden nicht alle Koeffizienten, denn der Koeffizient von α^{10} z. B. ist $4^3\,a^3\,d$ (wie das zweitletzte Glied zeigt). So können wir also gleichzeitig $\alpha\delta - \beta\gamma$ und auch d' durch α und γ, welche obigen Bedingungen genügen, von Null verschieden machen.

Wir durften $f(x)$ in der Form

$$f(x) = 2^{2\alpha_1} a_2\, x^4 + 2^{c_1} c_2\, x^2 + 2^{d_1} d_2\, x + e_2.$$

annehmen und wir unterscheiden jetzt die zwei Fälle:

I. $e_2 = e \equiv 2, 3, 5, 6, 7 \pmod 8$.

II. $e_2 = e \equiv 1 \pmod 8$.

I. $e \equiv 2, 3, 5\ 6, 7 \pmod 8$.

Nach dem Ausführen obiger Substitution hatten wir

$$a' = a\,\alpha^4 + c\,\alpha^2\gamma^2 + d\,\alpha\,\gamma^3 + e\,\gamma^4.$$

Wird $\alpha \equiv 0$ und $\gamma \equiv 1 \pmod 8$ gesetzt, so wird $a' \equiv 2, 3, 5, 6, 7 \pmod 8$. Da d'^2 von Null verschieden gemacht worden ist und stets

die Form $2^{2\mu}(8n+1)$ hat, so hat $a' d'^2$ die Form $2^{2\mu} A'$; $A' \equiv 2$, 3, 5, 6, 7 (mod 8). Wir kommen also auf diese Weise auf die anfangs erledigten Fälle zurück; denn die durch die Substitution entstandene, neue Funktion erfüllt alle frühern Bedingungen.

II. $e = e_2 \equiv 1 \pmod 8$.

In

$$f(x) = 2^{2a_1} a_2 x^4 + 2^{c_1} c_2 x^2 + 2^{d_1} d_2 x + e_2$$

können wir für die Exponenten $2a_1$, c_1, d_1 die Voraussetzung machen, dass wenigstens einer der drei Fälle

$$1.\ d_1 = 0, \quad 2.\ c_1 \leqq 1, \quad 3.\ 2a_1 \leqq 2$$

vorliegt. Denn wäre das nicht der Fall, d. h. wäre

$$d_1 > 0, \quad c_1 > 1, \quad 2a_1 > 2,$$

so könnten wir in $f(x)$ eine Substitution $x = 2^{-\varrho} y$, (ϱ positiv und ganz) ausüben, sodass aus $f(x)$

$$f(y) = 2^{2a_1 - 4\varrho} a_2 y^4 + 2^{c_1 - 2\varrho} c_2 y^2 + 2^{d_1 - \varrho} d_2 y + e_2$$

würde. Nun lasse man ϱ nach einander die Werte 0, 1, 2, 3, ... durchlaufen, bis zum erstenmal einer der drei Exponenten oder auch mehrere negativ werden. Dieses trete bei ϱ_0 ein. Dann setze man $\varrho = \varrho_0 - 1$, und es treten dann auf diese Weise die drei Fälle ein, wie sie folgendes Tableau veranschaulicht:

	d_1	c_1	$2a_1$
1.	0	0, 1, 2, ...	0, 2, 4, ...
2.	0, 1, 2, ...	0, 1.	0, 2, 4, ...
3.	0, 1, 2, ...	0, 1, 2, ...	0, 2.

Ist $c = 0$, so hat es keinen Sinn von Fall 2 zu sprechen, denn in $2^{c_1} c_2$ wird ja dann c_2 Null gesetzt und c_1 legt man irgend einen positiven ganzzahligen Wert bei. Wenn $c = 0$ ist, kommen also nur die Fälle 1 und 3 in Betracht.

1. $d_1 = 0$.

D. h.: $d = 2^{d_1} d_2 \equiv 1, 3, 5, 7 \pmod 8$. Es war

$$a' = a\alpha^4 + c\alpha^2\gamma^2 + d\alpha\gamma^3 + e\gamma^4.$$

Setzt man hier $\alpha \equiv 4$ und $\gamma \equiv 1$, so wird a' die Gestalt $8n + 5$ annehmen, so dass $a' d'^2$ Form $2^{2\mu}(8n+5)$ bekommt. Wir werden

also wieder auf einen der früher erledigten Fälle zurückgeführt, ohne dass die durch die Substitution entstandene, neue Funktion aufhört die gemachten Voraussetzungen zu erfüllen.

2. $d_1 > 0,\ c_1 \leqq 1,\ c = 2^{c_1} c_2 \gtreqless 0.$

Es ist also $c = 2^{c_1} c_2 \equiv 1, 2, 3, 5, 6, 7 \pmod 8$.

a) $d_1 \geqq 2,\ c_1 = 1,\ a_1 = 0.$

D. h., es ist:

$$c \equiv 2, 6, \quad a \equiv 1.$$

Wir gehen hier aus von:

$$\Phi_2 = (4\,a\,e - c^2)\,l^2\,m^4 + 2\,c\,l^4\,m^2 - l^6 - a\,d^2\,m^6$$

Da $e \equiv 1$ ist, so ist $4\,a\,e - c^2 \equiv 0$. Ferner ist $a\,d^2 = a \cdot 2^{2\,d_1}\,d_2^2 \equiv 0$. Wird $l \equiv 1$ und $m \equiv 1$ gesetzt, so bekommt Φ_2 die Form $8\,n + 3$, ist also in drei Quadrate zerlegbar.

b) $d_1 \geqq 1,\ c_1 = 1$, exklusive Fall a).

Man setze $\alpha \equiv 1$ und $\gamma = 2^{a_1}\,\Gamma$, wo $\Gamma \equiv 1 \pmod 8$ ist. Dann wird aus

$$a' = 2^{2\,a_1}\,a_2\,\alpha^4 + 2\,c_2\,\alpha^2\,\gamma^2 + 2^{d_1}\,d_2\,\alpha\,\gamma^3 + e_2\,\gamma^4:$$

$$a' = 2^{2\,a_1}\left\{a_2\,\alpha^4 + 2\,c_2\,\alpha^2\,\Gamma^2 + 2^{d_1 + a_1}\,d_2\,\alpha\,\Gamma^3 + 2^{2\,a_1}\,e_2\,\Gamma^4\right\}.$$

Ist $a_1 = 0$ und $d_1 = 1$, so wird a' von der Form $8\,n + 2$ oder $8\,n + 6$.

(Ist $a_1 = 0$ und $d_1 \geqq 2$, so kommen wir auf Fall a.)

Ist $a_1 \geqq 1$ und $d_1 \geqq 1$, so wird a' von der Form $2^{2\,a_1}(8\,n + 3)$ oder $2^{2\,a_1}(8\,n + 7)$.

c) $c_1 = 0.$

Es ist also $c = 2^{c_1} c_2 \equiv 1, 3, 5, 7 \pmod 8$. Man setze $\alpha \equiv 1$ und $\gamma = 2^{a_1 + 1}\,\Gamma,\ \Gamma \equiv 1$. Dann wird:

$$\begin{aligned} a' &= 2^{2\,a_1}\left\{a_2\,\alpha^4 + 2^2\,c_2\,\alpha^2\,\Gamma^2 + 2^{d_1 + a_1 + 3}\,d_2\,\alpha\,\Gamma^3 + 2^{2\,a_1 + 4}\,\Gamma^4\right\} \\ &= 2^{2\,a_1}(8\,n + 5). \end{aligned}$$

Somit ist auch Fall 2 auf schon erledigte Fälle zurückgeführt; entweder haben wir ein Φ_2 erhalten, das in drei Quadrate zerlegbar ist, oder aber nimmt $a'\,d'^2$ nicht die Form $2^{2\mu}(8\,n + 1)$ an, wobei ferner die durch die Substitution entstandene, neue Funktion alle frühern Voraussetzungen erfüllt.

3. $d_1 > 0,\ c_1 > 1,\ 2\,a_1 \leqq 2.$

a) $d_1 = 1,\ a_1 = 0.$

D. h.: $a = 2^{2a_1} a_2 \equiv 1 \pmod 8$. Dann setze man $\alpha = 2\,A$, $A \equiv 1$ und $\gamma \equiv 1$. Dann wird:

$$a' = 2^4\,a\,A^4 + 2^2\,c\,A^2\,\gamma^2 + 2\,d\,A\,\gamma^3 + e\,\gamma^4.$$

Da $d \equiv 2, 6$ ist, und c durch 2 teilbar ist, so bekommt a' die Form $8\,n + 5$.

b) $d_1 > 1,\ a_1 = 0.$

d ist also mindestens durch 2^2 teilbar. Man setze $\alpha \equiv 1$ und $\gamma \equiv 1$, so dass

$$a' = a\,\alpha^4 + c\,\alpha^2\,\gamma^2 + d\,\alpha\,\gamma^3 + e\,\gamma^4$$

die Gestalt $8\,n + 2$ oder $8\,n + 6$ bekommt. Es ist ja hier $a \equiv 1$ und $e \equiv 1$.

c) $d_1 \geqq 3$; $c = 0$ oder wenn $c \neq 0$: $c_1 \geqq 3$; $2\,a_1 = 2$.

Man setze $\alpha \equiv 1$ und $\gamma \equiv 1$ und dann bekommt a' die Gestalt $8\,n + 5$, weil hier $a \equiv 4$, $c \equiv 0$ und $d \equiv 0$ ist.

d) $d_1 \geqq 3$; $c \neq 0$ und $c_1 = 2$; $2\,a_1 = 2$.

Es ist also $d \equiv 0$ und $c \equiv 4$. Hier müssen wir von

$$\Phi_2 = (4\,a\,e - c^2)\,l^2\,m^4 + 2\,c\,l^4\,m^2 - l^6 - a\,d^2\,m^6$$

ausgehen. Nun kann man setzen:

$4\,a\,e - c^2 = 2^4 \cdot 8\,N$, N eine ganze Zahl,
$2\,c = 2^3\,C$, C eine ungerade Zahl,
$a\,d^2 = 2^8\,D$, D eine ganze Zahl.

Wird dann $l = 2\,L$, L eine ungerade Zahl und $m = M$, M ungerade, gesetzt, so folgt:

$$\begin{aligned}\Phi_2 &= 2^6\,\{8\,N\,L^2\,M^4 + 2\,C\,L^4\,M^2 - L^6 - 2^2\,D\,M^6\}\\ &= 2^6\,(8\,n + 1) \text{ oder } = 2^6\,(8\,n + 5).\end{aligned}$$

Φ_2 ist demnach in drei Quadrate zerlegbar.

e) $d_1 = 2$; $c = 0$ oder wenn $c \neq 0$: $c_1 \geqq 3$; $2\,a_1 = 2$.

Man setze $\alpha \equiv 1$ und $\gamma = 2\,\Gamma$, $\Gamma \equiv 1$. Es wird:

$$\begin{aligned}a' &= 2^2\,(a_2\,\alpha^4 + c\,\alpha^2\,\Gamma^2 + 2\,d\,\alpha\,\Gamma^3 + 2^2\,e\,\Gamma^4)\\ &= 2^2\,(8\,n + 5).\end{aligned}$$

f) $d_1 = 2$; $c \neq 0$ und $c_1 = 2$; $2\,a_1 = 2$.

Es ist also $c \equiv 4$ und $d \equiv 4$, und es wird, wenn $\alpha \equiv 1$ und $\gamma \equiv 1$, gesetzt wird, $a' = 8\,n + 5$.

g) $d_1 = 1$; $c = 0$ oder wenn $c \neq 0$: $c_1 \geqq 3$; $2\,a_1 = 2$.
D. h.: $c \equiv 0$ und $d \equiv 2, 6$. Also für $\alpha \equiv 1$ und $\gamma \equiv 1$ wird a' von der Form $8\,n + 3$ oder $8\,n + 7$.

h) $d_1 = 1$; $c \neq 0$ und $c_1 = 2$; $2\,a_1 = 2$.
D. h.: $c \equiv 4$; $d \equiv 2, 6$. Man setze $\alpha \equiv 1$ und $\gamma \equiv 2\,\Gamma$; $\Gamma \equiv 1$. Dann wird:

$$a' = 2^2\,(a_2\,\alpha^4 + c\,\alpha^2\,\Gamma^2 + 2\,d\,\alpha\,\Gamma^3 + 2^2\,e\,\Gamma^4),$$

also von der Form $2^2\;(8\,n + 5)$.

Auch im Fall 3 kommen wir also auf ein Φ_2, das in drei Quadrate zerlegbar ist, oder es nimmt $a'\,d'^2$ in der durch die Substitution entstandenen, neuen Funktion nie die Form $2^{2\mu}\,(8\,n + 1)$ an. Diese Funktion erfüllt auch alle die frühern Bedingungen.

Hiemit sind alle denkbaren Fälle erledigt, und es ist also der Nachweis geführt worden, dass jede definite biquadratische Funktion in fünf Quadrate zerfällbar ist.

Zur Theorie der Riemannschen Zetafunktion.

Von

Edmund Landau in Göttingen.

Einleitung.

Es bezeichne $\zeta(s)$ die Riemannsche Funktion. Riemann[1]) hat bewiesen:

1. *Es ist* $\zeta(s) - \frac{1}{s-1}$ *eine ganze Funktion.*

2. *Es hat* $\zeta(s)$ *für* $s = -2m$, *wo* m *ganz und* $\geqq 1$ *ist, eine Nullstelle erster Ordnung.*

3. *Alle anderen etwaigen Nullstellen von* $\zeta(s)$ *sind nicht reell und gehören dem Streifen* $0 \leqq \Re(s) = \sigma \leqq 1$ *an.*

4. *Die ganze Funktion*

$$\frac{s(s-1)}{2} \Gamma\left(\frac{s}{2}\right) \pi^{-\frac{s}{2}} \zeta(s) = F(s) \tag{1}$$

genügt der Funktionalgleichung

$$F(1-s) = F(s), \tag{2}$$

so dass $F(s)$ *eine ganze Funktion von* $\left(s - \frac{1}{2}\right)^2$ *ist.*

Die etwaigen Nullstellen von $F(s)$ stimmen infolgedessen mit den im Streifen $0 \leqq \sigma \leqq 1$ gelegenen Nullstellen von $\zeta(s)$ überein.

Es werde stets $s = \sigma + ti$ gesetzt. Es bezeichne $N(T)$ für $T > 0$ die Anzahl der Nullstellen von $\zeta(s)$, d. h. $F(s)$ im Rechteck $0 \leqq \sigma \leqq 1$, $0 \leqq t \leqq T$, mehrfache selbstverständlich in ihrer Vielfachheit gezählt.

Es sei a irgend eine feste Zahl > 1, b irgend eine feste Zahl < 0. Die Ordinate T sei von Nullstellen frei. Es bezeichne $\log \zeta(s)$ bezw. $\log F(s)$ zunächst den in der Halbebene $\sigma > 1$ regulären Zweig, der für $s > 1$ reell ist, und weiterhin das, was bei Fortsetzung längs der Ordinate T entsteht; hierbei werde

[1]) **1** in der Numerierung meines *Handbuchs der Lehre von der Verteilung der Primzahlen.* (Leipzig und Berlin, 1909.)

$$\Im \log \zeta(s) = \operatorname{arc} \zeta(s),\ \Im \log F(s) = \operatorname{arc} F(s)$$

geschrieben. Schon bevor Stieltjes[1]) seine (für den vorliegenden Zweck noch viel zu feinen) Untersuchungen über die Abschätzung von $\log \Gamma(s)$ für komplexe s angestellt hatte, war es ein Leichtes, aus den oben zusammengestellten Eigenschaften von $\zeta(s)$ jede der sechs Relationen zu beweisen:

$$(3) \qquad N(T) = \frac{1}{2\pi} T \log T - \frac{1 + \log(2\pi)}{2\pi} T + O(1) + M(T),$$

wo $M(T)$ eine beliebige der sechs Bedeutungen hat:

$$\frac{1}{2\pi} \Im \int_{a+Ti}^{b+Ti} \frac{\zeta'(s)}{\zeta(s)} ds;\ \frac{1}{\pi} \Im \int_{a+Ti}^{\frac{1}{2}+Ti} \frac{\zeta'(s)}{\zeta(s)} ds;\ \frac{1}{2\pi} \operatorname{arc} \zeta(b+Ti);\ \frac{1}{\pi} \operatorname{arc} \zeta\left(\frac{1}{2}+Ti\right);$$

$$\frac{1}{2\pi} \Im \int_{a+Ti}^{b+Ti} \frac{F'(s)}{F(s)} ds = \frac{1}{2\pi}\Big(\operatorname{arc} F(b+Ti) - \operatorname{arc} F(a+Ti)\Big);$$

$$\frac{1}{\pi} \Im \int_{a+Ti}^{\frac{1}{2}+Ti} \frac{F'(s)}{F(s)} ds = \frac{1}{\pi}\left(\operatorname{arc} F\left(\frac{1}{2}+Ti\right) - \operatorname{arc} F(a+Ti)\right).$$

Dabei zeigt sich natürlich eo ipso, dass je zwei dieser sechs Funktionen sich nur um $O(1)$ unterscheiden.

Es ist nun Herrn von Mangoldt[2]) zuerst gelungen, für eine (d. h. jede) dieser sechs Funktionen

$$(4) \qquad M(T) = O(\log^2 T)$$

zu beweisen. Dabei war eine wesentliche Grundlage seiner Schlüsse

[1]) Vergl. seine Arbeiten *Recherches sur quelques séries semi-convergentes* [Annales scientifiques de l'École Normale Supérieure, Ser. III, Bd. III (1886), S. 201—258; auch als Thèse erschienen] und *Sur le développement de* $\log \Gamma(a)$ [Journal de Mathématiques pures et appliquées, Ser. IV, Bd. V (1889), S. 425—444]. Doch würden für meinen Zweck auch die älteren Lipschitzschen Resultate reichlich genügen; vergl. seine Arbeit *Ueber die Darstellung gewisser Functionen durch die Eulersche Summenformel* [Journal für die reine und angewandte Mathematik, Bd. LVI (1859), S. 11—26]. Wie gesagt, ist (3) u. a. eine leichte Folge aus den Stieltjesschen Sätzen über die Gammafunktion. Daher war es nicht wunderbar, dass ein vor wenigen Jahren veröffentlichter Brief von Stieltjes an Herrn Mittag-Leffler vom 23. 3. 1887 (**4**, Bd. 2, S. 446—447 und 452—457) zeigte, dass Stieltjes im Besitz der Relation (3) war. Übrigens war (3) vordem schon von Herrn Piltz (**2**, S. 25—26) bewiesen worden.

[2]) **2.** Stieltjes konnte weder (4) noch eine weniger gute brauchbare Formel über $M(T)$ beweisen, sondern drückt sich in dem genannten Briefe sehr vorsichtig und korrekt so aus: „En admettant donc que l'on puisse négliger var. arg. $f(s)$

die kurz vorher gemachte berühmte Hadamardsche[1]) Entdeckung:

$F(s)$ hat unendlich viele Nullstellen, und (in heutiger Ausdrucksweise) *$F(s)$ hat als Funktion von* $\left(s-\frac{1}{2}\right)^2$ *das Geschlecht* 0. Anders formuliert: *Es ist*

$$(5) \qquad (s-1)\,\zeta(s) = \frac{1}{2}\, e^{bs} \frac{1}{\Gamma\left(\frac{s}{2}+1\right)} \prod_{\varrho}\left(1-\frac{s}{\varrho}\right) e^{\frac{s}{\varrho}},$$

wo ϱ die Wurzeln im Streifen $0 \leqq \sigma \leqq 1$ bei beliebiger Anordnung durchläuft; b ist eine Konstante.

Mit (4) hatte Herr von Mangoldt bewiesen:

$$(6) \qquad N(T) = \frac{1}{2\pi} T \log T - \frac{1+\log(2\pi)}{2\pi} T + O(\log^2 T);$$

aus dem soeben Gesagten folgt (6) zwar zunächst nur für wurzelfrei wachsendes T, damit aber eo ipso auch für stetig wachsendes T.

Später gelang es Herrn von Mangoldt[2]) durch Hinzufügung weiterer feiner Kunstgriffe, sogar

$$(7) \qquad M(T) = O(\log T)$$

zu beweisen und damit für stetig wachsendes T die Relation

$$(8) \qquad N(T) = \frac{1}{2\pi} T \log T - \frac{1+\log(2\pi)}{2\pi} T + O(\log T).$$

Noch später gelang es mir[3]), diesen Beweis von (7) und (8) zu vereinfachen; den Hadamardschen Satz verwende ich jedoch auch als Hauptstütze aller meiner Schlüsse, wie Herr von Mangoldt es tat.

Nun fiel zwischen beide von Mangoldtschen Abhandlungen das Erscheinen einer Arbeit von Herrn Franel[4]) in dieser Vierteljahrsschrift (1896). In Nr. II jener Arbeit will der Verfasser — in der

---

[obiges $F(s)$] sur FA' [F ist obiges $a+Ti$ für $a=2$, A' ist obiges $\frac{1}{2}+Ti$], on a, approximativement,

. . . . .

Quant à l'approximation de cette expression, pour la juger, il faudrait avoir une idée de la grandeur de

var. arg. $f(s)$ sur FA',

. . . .

Je crois me rappeler que j'ai fait quelques efforts dans cette direction, qui n'ont pas été tout à fait stériles, mais je ne saurais préciser en ce moment sans étudier d'abord les notes que j'ai prises sur ce sujet."

[1]) **1.**

[2]) **7.**

[3]) **44.**

[4]) **4.**

Absicht, einen Gedankengang, der Riemann vorgelegen habe, wiederherzustellen — gewissermassen den umgekehrten Weg gehen als Herr von Mangoldt. Herr Franel will erst direkt $N(T)$ abschätzen, ohne den Hadamardschen Satz zu benutzen; er verwendet dann die Abschätzung von $N(T)$ als wesentliche Stütze zur Herleitung des Hadamardschen Satzes. Hierzu beweist Herr Franel zunächst (3) in einer der sechs gleichwertigen Gestalten, nämlich mit

$$M(T) = \frac{1}{\pi}\left(\operatorname{arc} F\left(\frac{1}{2} + Ti\right) - \operatorname{arc} F(a + Ti)\right).$$

Dann sagt er wörtlich[1]): „On peut démontrer que l'accroissement éprouvé par l'argument de $F(s)$ lorsqu'on décrit le segment rectiligne BH reste, quelque soit h, inférieur à une grandeur fixe.“ h ist mein T, B mein $a + Ti$, H mein $\frac{1}{2} + Ti$. Herr Franel sagt also, man könne

$$M(T) = O(1) \tag{9}$$

beweisen; er sagt dies ohne weitere Begründung und schliesst dann aus (3)

$$N(T) = \frac{1}{2\pi} T \log T - \frac{1 + \log(2\pi)}{2\pi} T + O(1), \tag{10}$$

worauf er alles weitere basiert. Und in der Untersuchung des Verhaltens von arc $F(s)$ auf jener horizontalen Strecke, worüber Herr Franel mit den oben zitierten Worten hinweggleitet, liegt die ganze Schwierigkeit! Bis heute kenne ich auch für die durch Herrn von Mangoldt sichergestellte Relation

$$M(T) = O(\log T), \tag{7}$$

ja sogar für seine ältere Relation (4) nur solche Beweisanordnungen, welche sich wesentlich auf den Hadamardschen Satz stützen.

Ist nun Herrn Franels Relation (9) richtig oder falsch? Ich weiss es nicht. Wohl aber weiss ich auf Grund eines Satzes in einer Arbeit[2]) von Herrn Bohr und mir, dass (9), d. h. (10) in Widerspruch mit der Riemannschen Vermutung

$$\zeta(s) \neq 0 \text{ für } \sigma > \frac{1}{2} \tag{11}$$

steht. Dies auseinanderzusetzen ist der Hauptzweck der gegenwärtigen Abhandlung.

---

[1]) S. 11, Z. 5—3 v. u.

[2]) *Über das Verhalten von $\zeta(s)$ und $\zeta_\varkappa(s)$ in der Nähe der Geraden* $\sigma = 1$ [Nachrichten der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, mathematisch-physikalische Klasse, Jahrgang 1910, S. 303—330].

Das Merkwürdige ist, dass Herr Franel im weiteren Verlaufe seiner Abhandlung Schlüsse unter der Voraussetzung zieht, dass die Riemannsche Vermutung richtig ist. Die Voraussetzungen, die er von S. 12 seiner Abhandlung an zugrunde legt, nämlich 1. die Tatsache (10), die allerdings bei ihm keine Hypothese, sondern das Resultat einer dem Leser nicht mitgeteilten Beweisführung ist, 2. die Vermutung (11) — stehen also mit einander in Widerspruch. (10) oder (11) oder beides ist also falsch. Was davon falsch ist, weiss ich nicht.

Wenn also Herr Franel sich endlich nach 15 Jahren entschliesst, seinen damaligen Beweis von (9), d. h. (10) bekannt zu geben, und wenn dieser Beweis richtig ist, so wird Herr Franel damit das grosse Verdienst erworben haben, das berühmte Riemannsche Problem („Ist (11) richtig oder falsch?") gelöst zu haben, und zwar in negativem Sinne.

Im § 1 des Folgenden beweise ich bekannte Hilfssätze über die Gammafunktion und im § 2 die bekannte Relation (3). Wenn ich mich auch, wo irgend möglich, zur Vermeidung von Wiederholungen auf mein Handbuch beziehe, so habe ich doch in diesem Buch mit Absicht jene Sätze über $\Gamma(s)$ und die Relation (3) nicht entwickelt, sondern, da über $M(T)$ doch nur (7) bekannt ist, an Stelle von (3) bloss

$$N(T) = \frac{1}{2\pi} T \log T - \frac{1+\log(2\pi)}{2\pi} T + O(\log T) + M(T)$$

bewiesen. Daher die Notwendigkeit, hier mit jenen §§ 1—2 zu beginnen.

Im § 3 beweise ich, dass zwischen

$$M(T) = O(1) \tag{9}$$

einerseits, d. h. (10) einerseits und der Riemannschen Vermutung (11) andererseits ein Widerspruch besteht. Es ergibt sich nämlich aus (9) in Verbindung mit (11), dass bei festem $\delta > 0$ die Funktion $\zeta(s) - \frac{1}{s-1}$ für $\sigma > \frac{1}{2} + \delta$ beschränkt ist; dies (dass nämlich aus (9) und (11) die Beschränktheit dieser Funktion folgt) habe ich zuerst aus einem Briefe Herrn Franels an Herrn von Koch vom 16. 2. 1901 gelernt, den beide Herren mir freundlichst im Oktober 1903 zur Verfügung gestellt hatten und den ich hier mit ihrer Zustimmung erwähne. Ich gebe im § 3 zunächst den Franelschen Beweis und dann im § 4 einen anderen, der mehr in meinen üblichen Geleisen verläuft. Also aus (9) und (11) folgt die Beschränktheit von $\zeta(s) - \frac{1}{s-1}$ für $\sigma > \frac{1}{2} + \delta$. Andererseits hat Herr Bohr[1]) bewiesen,

[1]) Vergl. § 1 unserer oben erwähnten Abhandlung.

dass $\zeta(s) - \frac{1}{s-1}$ sogar für $\sigma > 1$ nicht beschränkt ist. Daher besteht zwischen (9) und (11) ein Widerspruch.

Im § 4 beweise ich übrigens, dass aus der Richtigkeit von (11) sogar folgt: $M(T)$ hat seinen $\limsup_{T=\infty} = \infty$ und seinen $\liminf_{T=\infty} = -\infty$.

Im § 5 erinnere ich an einen Hilfssatz von Herrn Bohr und mir.

Im § 6 beweise ich, dass bereits

$$M(T) = o(\log\log T),$$

d. h.

$$N(T) = \frac{1}{2\pi} T \log T - \frac{1 + \log(2\pi)}{2\pi} T + o(\log\log T)$$

der Riemannschen Vermutung widerspricht.

Ich beweise dort ferner, dass sogar die Relation

$$\limsup_{T=\infty} \frac{M(T)}{\log\log T} \leqq 0$$

der Riemannschen Vermutung widerspricht. Desgleichen die Relation

$$\liminf_{T=\infty} \frac{M(T)}{\log\log T} \geqq 0.$$

Wenn also die Riemannsche Vermutung richtig ist, so ist der Quotient

$$\frac{N(T) - \frac{1}{2\pi} T \log T - \frac{1+\log(2\pi)}{2\pi} T}{\log\log T}$$

bei jedem festen hinreichend kleinen positiven δ immer wieder einmal $> \delta$ und immer wieder einmal $< -\delta$.

§ 1.

Hilfssatz 1: *Es seien σ_0 und $\sigma_1 > \sigma_0$ fest. Dann ist für $\sigma_0 \leqq \sigma \leqq \sigma_1$ gleichmässig*

$$\frac{\Gamma'(s)}{\Gamma(s)} = \log t + O(1).$$

Beweis: Wegen

$$\Gamma(s+1) = s\,\Gamma(s),$$

$$\frac{\Gamma'(s+1)}{\Gamma(s+1)} = \frac{1}{s} + \frac{\Gamma'(s)}{\Gamma(s)}$$

braucht die Behauptung nur fürs Intervall $0 \leqq \sigma \leqq 1$ bewiesen zu werden.

Nun ist in der ganzen Ebene

$$\frac{\Gamma'(s)}{\Gamma(s)} = -C - \frac{1}{s} + \sum_{n=1}^{\infty}\left(\frac{1}{n} - \frac{1}{s+n}\right), \tag{12}$$

also für $0 \leqq \sigma \leqq 1, t > 0$

$$\frac{\Gamma'(s)}{\Gamma(s)} - \frac{\Gamma'(ti)}{\Gamma(ti)} = \frac{1}{ti} - \frac{1}{\sigma + ti} + \sum_{n=1}^{\infty}\left(\frac{1}{n+ti} - \frac{1}{n+\sigma+ti}\right)$$

$$= \frac{\sigma}{ti(\sigma+ti)} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sigma}{(n+ti)(n+\sigma+ti)},$$

$$\left|\frac{\Gamma'(s)}{\Gamma(s)} - \frac{\Gamma'(ti)}{\Gamma(ti)}\right| \leqq \frac{1}{t\cdot t} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n\cdot n} = O(1).$$

Daher braucht die Behauptung nur für die eine Abszisse $\sigma = 0$ bewiesen zu werden und lautet

$$\frac{\Gamma'(ti)}{\Gamma(ti)} = \log t + O(1). \tag{13}$$

Nach (12) ist

$$\frac{\Gamma'(ti)}{\Gamma(ti)} = O(1) + \sum_{n=1}^{\infty}\left(\frac{1}{n} - \frac{1}{n+ti}\right)$$

$$= O(1) + \sum_{n=1}^{\infty}\left(\frac{1}{n} - \frac{n}{n^2+t^2}\right) + i\sum_{n=1}^{\infty}\frac{t}{n^2+t^2}. \tag{14}$$

Hierin ist für $t > 0$ die letzte Summe

$$\sum_{n=1}^{\infty}\frac{t}{n^2+t^2} < \int_0^{\infty}\frac{t\,du}{u^2+t^2} = \left[\operatorname{arc\,tg}\frac{u}{t}\right]_0^{\infty} = \frac{\pi}{2} = O(1);$$

die erste Summe rechts in (14) ist, da die Funktion

$$\frac{1}{u} - \frac{u}{u^2+t^2} = \frac{t^2}{u(u^2+t^2)}$$

mit wachsendem $u > 0$ abnimmt,

$$\sum_{n=1}^{\infty}\left(\frac{1}{n} - \frac{n}{n^2+t^2}\right) = \int_1^{\infty}\left(\frac{1}{u} - \frac{u}{u^2+t^2}\right)du + O(1)$$

$$= \left[\log u - \frac{1}{2}\log(u^2+t^2)\right]_1^{\infty} + O(1) = \log t + O(1).$$

Aus (14) folgt daher (13) und somit der Hilfssatz 1.

Hilfssatz 2: *Es bezeichne* $\log \Gamma(s)$ *den in der von* 0 *bis* $-\infty$ *(längs der reellen Achse) aufgeschnittenen Ebene eindeutigen Zweig, der für* $s > 0$ *reell ist; d. h. es sei*

(15)

$$\operatorname{arc} \Gamma(s) = \mathfrak{J} \log \Gamma(s) = \mathfrak{J}\left(-Cs - \log s + \sum_{=1}^{\infty}\left(\frac{s}{n} - \log\left(1 + \frac{s}{n}\right)\right)\right),$$

wo die Logarithmen rechts ihren imaginären Teil zwischen $-\pi$ *und* π *haben. Es seien* σ_0 *und* $\sigma_1 > \sigma_0$ *fest. Dann ist für* $\sigma_0 \leqq \sigma \leqq \sigma_1$ *gleichmässig*

$$\operatorname{arc} \Gamma(s) = t \log t - t + O(1). \tag{16}$$

Beweis: Nach Hilfssatz 1 (der übrigens hier nicht in vollem Umfang zur Anwendung kommt) ist es nur erforderlich,

$$\operatorname{arc} \Gamma(ti) = t \log t - t + O(1) \tag{17}$$

zu beweisen; denn aus Hilfssatz 1 folgt bei festen $\sigma_0, \sigma_1 > \sigma_0$ für $\sigma_0 \leqq \sigma \leqq \sigma_1$ gleichmässig

$$\operatorname{arc} \Gamma(\sigma + ti) - \operatorname{arc} \Gamma(ti) = \mathfrak{J} \int_{ti}^{\sigma + ti} \frac{\Gamma'(s)}{\Gamma(s)}\, ds = \mathfrak{J} \int_{ti}^{\sigma + ti} \left(\frac{\Gamma'(s)}{\Gamma(s)} - \log t\right) ds = O(1),$$

d. h. (16).

Nun ist nach (15) für $t > 0$

$$\operatorname{arc} \Gamma(ti) = -Ct - \frac{\pi}{2} + \sum_{n=1}^{\infty}\left(\frac{t}{n} - \operatorname{arc\,tg} \frac{t}{n}\right),$$

wo arc tg den Wert zwischen 0 und $\frac{\pi}{2}$ bezeichnet. Anders geschrieben:

$$\operatorname{arc} \Gamma(ti) = -t \lim_{m=\infty}\left(\sum_{n=1}^{m} \frac{1}{n} - \log m\right) - \frac{\pi}{2} + \lim_{m=\infty} \sum_{n=1}^{m}\left(\frac{t}{n} - \operatorname{arc\,tg} \frac{t}{n}\right)$$

$$= -\frac{\pi}{2} + \lim_{m=\infty}\left(t \log m - \sum_{n=1}^{m} \operatorname{arc\,tg} \frac{t}{n}\right). \tag{18}$$

Da nun die Funktion $\operatorname{arc\,tg} \frac{t}{u}$ mit wachsendem positiven u beständig abnimmt, ist für ganze $m \geqq 1$

$$\int_0^m \operatorname{arc\,tg} \frac{t}{u}\, du - \frac{\pi}{2} < \int_1^m \operatorname{arc\,tg} \frac{t}{u}\, du < \sum_{n=1}^{m} \operatorname{arc\,tg} \frac{t}{n} < \int_0^m \operatorname{arc\,tg} \frac{t}{u}\, du,$$

also

$$\left|\sum_{n=1}^{m} \operatorname{arc\,tg} \frac{t}{n} - \int_0^m \operatorname{arc\,tg} \frac{t}{u}\, du\right| < \frac{\pi}{2}. \tag{19}$$

Nun ist

$$\int^{m} \operatorname{arc\,tg} \frac{t}{u}\, d\,u = \Big[u \operatorname{arc\,tg} \frac{t}{u} + \frac{t}{2} \log (t^2 + u^2) \Big]_{u=0}^{u=m}$$

$$= m \operatorname{arc\,tg} \frac{t}{m} + \frac{t}{2} \log (t^2 + m^2) - t \log t,$$

$$\lim_{m=\infty} \Big(t \log m - \int_0^m \operatorname{arc\,tg} \frac{t}{u}\, d\,u \Big) = t \log t - t. \tag{20}$$

Nach (18), (19) und (20) ist

$$\Big| \lim_{m=\infty} \Big(t \log m - \sum_{n=1}^{m} \operatorname{arc\,tg} \frac{t}{n} \Big) - (t \log t - t) \Big| \leqq \frac{\pi}{2},$$

$$\lim_{m=\infty} \Big(t \log m - \sum_{n=1}^{m} \operatorname{arc\,tg} \frac{t}{n} \Big) = t \log t - t + O(1),$$

$$\operatorname{arc} \Gamma (t\,i) = t \log t - t + O(1),$$

womit (17), d. h. der Hilfssatz 2 bewiesen ist.

§ 2.

Beweis von (3): Es sei $T > 0$ und auf der Geraden $t = T$ keine Nullstelle von $\zeta(s)$ gelegen. Es sei $a > 1$. Dann ist bei geraden Integrationswegen

$$\text{(21)} \quad \begin{cases} 2\pi N(T) = \Im \displaystyle\int_{1-a}^{a} \frac{F'(s)}{F(s)}\, d\,s + \Im \int_{a}^{a+Ti} \frac{F'(s)}{F(s)}\, d\,s + \Im \int_{a+Ti}^{1-a+Ti} \frac{F'(s)}{F(s)}\, d\,s \\ \qquad + \Im \displaystyle\int_{1-a+Ti}^{1-a} \frac{F'(s)}{F(s)}\, d\,s; \end{cases}$$

es wurde also über ein gewisses Rechteck in positivem Sinne integriert.

Nach (2) ist

$$\frac{F'(1-s)}{F(1-s)} = -\frac{F'(s)}{F(s)};$$

wenn überdies berücksichtigt wird, dass $F(s)$ für konjugiert komplexe s konjugierte Werte annimmt, erkennt man, dass

$$\Im \int_{a+Ti}^{\frac{1}{2}+Ti} \frac{F'(s)}{F(s)}\, d\,s = -\Im \int_{a+Ti}^{\frac{1}{2}+Ti} \frac{F'(1-s)}{F(1-s)}\, d\,s = -\Im \int_{\frac{1}{2}-Ti}^{1-a-Ti} \frac{F'(s)}{F(s)}\, d\,s = \Im \int_{\frac{1}{2}+Ti}^{1-a+Ti} \frac{F'(s)}{F(s)}\, d\,s$$

und

$$\Im \int_{a}^{a+Ti} \frac{F'(s)}{F(s)}\, d\,s = -\Im \int_{a}^{a+Ti} \frac{F'(1-s)}{F(1-s)}\, d\,s = -\Im \int_{1-a-Ti}^{1-a} \frac{F'(s)}{F(s)}\, d\,s = \Im \int_{1-a+Ti}^{1-a} \frac{F'(s)}{F(s)}\, d\,s$$

ist; ferner ist $F(s)$ für reelle s reell und daher

$$\Im \int_{1-a}^{a} \frac{F'(s)}{F(s)} ds = 0.$$

(21) transformiert sich also in

$$2\pi N(T) = 2 \Im \int_{a}^{a+Ti} \frac{F'(s)}{F(s)} ds + 2 \Im \int_{a+Ti}^{\frac{1}{2}+Ti} \frac{F'(s)}{F(s)} ds,$$

(22)

$$\pi N(T) = \operatorname{arc} F(a+Ti) + \left(\operatorname{arc} F\left(\frac{1}{2}+Ti\right) - \operatorname{arc} F(a+Ti)\right).$$

Nun ist nach (1)

(23)

$$\operatorname{arc} F(s) = \operatorname{arc} s + \operatorname{arc}(s-1) + \operatorname{arc} \Gamma\left(\frac{s}{2}\right) - \frac{t}{2} \log \pi + \operatorname{arc} \zeta(s);$$

mit Rücksicht auf

$$|\operatorname{arc} \zeta(s)| = |\Im \log \zeta(s)| \leq |\log \zeta(s)|$$

ist bei wachsendem T

$$\operatorname{arc} \zeta(a+Ti) = O(1);$$

in Verbindung mit dem Hilfssatz 2 (der hier nur für eine feste Abszisse zur Anwendung kommt) ist daher

$$\operatorname{arc} F(a+Ti) = O(1) + O(1) + \frac{T}{2} \log \frac{T}{2} - \frac{T}{2} - \frac{T}{2} \log \pi + O(1)$$

$$= \frac{1}{2} T \log T - \frac{1 + \log(2\pi)}{2} T + O(1). \tag{24}$$

Aus (22) und (24) folgt

$$N(T) = \frac{1}{2\pi} T \log T - \frac{1+\log(2\pi)}{2\pi} T + O(1) + M(T),$$

wo

$$M(T) = \frac{1}{\pi}\left(\operatorname{arc} F\left(\frac{1}{2} + Ti\right) - \operatorname{arc} F(a+Ti)\right) = \frac{1}{\pi} \Im \int_{a+Ti}^{\frac{1}{2}+Ti} \frac{F'(s)}{F(s)} ds$$

ist.

Das ist eine der sechs Formen der Relation (3). Um zunächst die andere Form mit $F(s)$ zu entwickeln, sei $a > 1$ und $b < 0$ gegeben. Dann ist nach dem soeben Bewiesenen, wenn es sowohl auf a als auch auf $1-b$ an Stelle des obigen a angewendet wird,

$$N(T)-\left(\frac{1}{2\pi}T\log T+\frac{1+\log(2\pi)}{2\pi}T\right)=\frac{1}{\pi}\Im\int_{a+Ti}^{\frac{1}{2}+Ti}\frac{F'(s)}{F(s)}ds+O(1)$$

$$=\frac{1}{\pi}\Im\int_{1-b+Ti}^{\frac{1}{2}+Ti}\frac{F'(s)}{F(s)}ds+O(1)=\frac{1}{2\pi}\Im\left(\int_{a+Ti}^{\frac{1}{2}+Ti}\frac{F'(s)}{F(s)}ds+\int_{1-b+Ti}^{\frac{1}{2}+Ti}\frac{F'(s)}{F(s)}ds\right)+O(1)$$

$$=\frac{1}{2\pi}\Im\left(\int_{a+Ti}^{\frac{1}{2}+Ti}\frac{F'(s)}{F(s)}ds+\int_{\frac{1}{2}+Ti}^{b+Ti}\frac{F'(s)}{F(s)}ds\right)+O(1)$$

$$=\frac{1}{2\pi}\Im\int_{a+Ti}^{b+Ti}\frac{F'(s)}{F(s)}ds+O(1)$$

$$=\frac{1}{2\pi}\Big(\operatorname{arc}F(b+Ti)-\operatorname{arc}F(a+Ti)\Big)+O(1).$$

Um auch die vier Gestalten von (3) mit $\zeta(s)$ statt $F(s)$ zu beweisen, ist nur zu berücksichtigen, dass für festes σ_0 nebst festem $\sigma_1>\sigma_0$ nach (23) und dem Hilfssatz 2

$$\operatorname{arc}F(\sigma_0+Ti)-\operatorname{arc}F(\sigma_1+Ti)=O(1)+\operatorname{arc}\zeta(\sigma_0+Ti)-\operatorname{arc}\zeta(\sigma_1+Ti)$$

ist. Dies liefert unmittelbar

$$N(T)-\left(\frac{1}{2\pi}T\log T+\frac{1+\log(2\pi)}{2\pi}T\right)$$

$$=\frac{1}{\pi}\left(\operatorname{arc}\zeta\left(\frac{1}{2}+Ti\right)-\operatorname{arc}\zeta(a+Ti)\right)+O(1)=\frac{1}{\pi}\Im\int_{a+Ti}^{\frac{1}{2}+Ti}\frac{\zeta'(s)}{\zeta(s)}ds+O(1)$$

$$=\frac{1}{2\pi}\Big(\operatorname{arc}\zeta(b+Ti)-\operatorname{arc}\zeta(a+Ti)\Big)+O(1)=\frac{1}{2\pi}\Im\int_{a+Ti}^{b+Ti}\frac{\zeta'(s)}{\zeta(s)}ds+O(1),$$

und in den beiden Formeln mit $\operatorname{arc}\zeta(a+Ti)$ kann dies Glied noch gegen $O(1)$ vernachlässigt werden.

Damit sind alle in der Einleitung angegebenen Gestalten von (3) bewiesen.

§ 3.

Satz: *Wenn die (nach Herrn Franel angeblich richtige) Relation*

$$N(T)=\frac{1}{2\pi}T\log T-\frac{1+\log(2\pi)}{2\pi}T+O(1) \tag{10}$$

gilt, so ist die Riemannsche Vermutung

$$\zeta(s)\neq 0 \text{ für } \sigma>\frac{1}{2} \tag{11}$$

falsch.

Beweis: Es werde die Giltigkeit von (10) und (11) vorausgesetzt. Daraus wird sich ein Widerspruch ergeben.

Nach (5) ist

$$\frac{\zeta'(s)}{\zeta(s)} = b - \frac{1}{s-1} - \frac{1}{2}\frac{\Gamma'\left(\frac{s}{2}+1\right)}{\Gamma\left(\frac{s}{2}+1\right)} + \sum_{\varrho}\left(\frac{1}{s-\varrho}+\frac{1}{\varrho}\right);$$

also ist nach Hilfssatz 1 bei festem $\delta > 0$ für $\frac{1}{2}+\delta \leqq \sigma \leqq 1+\delta$

$$\frac{\zeta'(s)}{\zeta(s)} = \sum_{\varrho}\left(\frac{1}{s-\varrho}+\frac{1}{\varrho}\right) - \frac{1}{2}\log t + O(1).$$

Die ϱ haben nach (11) die Gestalt $\frac{1}{2} \pm \alpha_n i$, wo $0 < \alpha_1 \leqq \alpha_2 \leqq \alpha_3 \leqq \cdots$ ist; daher ist

$$\sum_{\varrho}\left(\frac{1}{s-\varrho}+\frac{1}{\varrho}\right)$$

$$= \sum_{n=1}^{\infty}\left(\frac{1}{s-\frac{1}{2}-\alpha_n i} + \frac{1}{s-\frac{1}{2}+\alpha_n i} + \frac{1}{\frac{1}{2}+\alpha_n i} + \frac{1}{\frac{1}{2}-\alpha_n i}\right)$$

$$= \sum_{n=1}^{\infty}\left(\frac{1}{s-\frac{1}{2}-\alpha_n i} + \frac{1}{s-\frac{1}{2}+\alpha_n i}\right) + \sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{\frac{1}{4}+\alpha_n^2}$$

$$= (2s-1)\sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{\left(s-\frac{1}{2}\right)^2+\alpha_n^2} + c = (2s-1)\psi(s) + c,$$

wo

$$\psi(s) = \sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{\left(s-\frac{1}{2}\right)^2+\alpha_n^2}$$

gesetzt ist. Für $\frac{1}{2}+\delta \leqq \sigma \leqq 1+\delta$ ist daher

$$\frac{\zeta'(s)}{\zeta(s)} = (2s-1)\psi(s) - \frac{1}{2}\log t + O(1). \tag{25}$$

Nun ist, wenn $N(\alpha_0)$ den Wert 0 bedeutet,

$$\psi(s) = \sum_{n=1}^{\infty}\frac{N(\alpha_n)-N(\alpha_{n-1})}{\left(s-\frac{1}{2}\right)^2+\alpha_n^2},$$

wie eine einfache (aber mit Rücksicht auf den Fall mehrfacher α nötige) Überlegung zeigt. Mit Rücksicht auf die (z. B. nach (10) reichlich erfüllte) Relation

$$\lim_{n=\infty}\frac{N(\alpha_n)}{\alpha_n^2} = 0$$

ist

$$\psi(s) = \sum_{n=1}^{\infty} N(\alpha_n)\left(\frac{1}{\left(s-\frac{1}{2}\right)^2+\alpha_n^2} - \frac{1}{\left(s-\frac{1}{2}\right)^2+\alpha_{n+1}^2}\right)$$

$$= \sum_{n=1}^{\infty} N(\alpha_n)\int_{\alpha_n}^{\alpha_{n+1}} \frac{2u}{\left(\left(s-\frac{1}{2}\right)^2+u^2\right)^2} du = \sum_{n=1}^{\infty}\int_{\alpha_n}^{\alpha_{n+1}} \frac{2N(u)u}{\left(\left(s-\frac{1}{2}\right)^2+u^2\right)^2} du$$

$$= \int_{\alpha_1}^{\infty} \frac{2N(u)u}{\left(\left(s-\frac{1}{2}\right)^2+u^2\right)^2} du = \int_{0}^{\infty} \frac{2N(u)u}{\left(\left(s-\frac{1}{2}\right)^2+u^2\right)^2} du.$$

Nach (10) folgt hieraus, immer $\frac{1}{2}+\delta \leqq \sigma \leqq 1+\delta$ und wachsendes t angenommen,

$$(26)\quad \psi(s) = \int_0^{\infty} \frac{2u\left(\frac{u}{2\pi}\log\frac{u}{2\pi}-\frac{u}{2\pi}\right)}{\left(\left(s-\frac{1}{2}\right)^2+u^2\right)^2} du + O\int_0^{\infty}\frac{2u\,du}{\left|\left(s-\frac{1}{2}\right)^2+u^2\right|^2}.$$

Das Schlussglied in (26) ist $O\left(\frac{1}{t}\right)$ wegen

$$\int_0^{\infty}\frac{2u\,du}{\left|\left(s-\frac{1}{2}\right)^2+u^2\right|^2} = \int_0^{\infty}\frac{dv}{\left|\left(s-\frac{1}{2}\right)^2+v\right|^2}$$

$$= \int_0^{\infty}\frac{dv}{\left|\left(\sigma-\frac{1}{2}\right)^2+2\left(\sigma-\frac{1}{2}\right)ti-t^2+v\right|^2} = \int_0^{\infty}\frac{dv}{\left(\left(\sigma-\frac{1}{2}\right)^2-t^2+v\right)^2+4\left(\sigma-\frac{1}{2}\right)^2t^2}$$

$$< \int_{-\infty}^{\infty}\frac{dv}{\left(\left(\sigma-\frac{1}{2}\right)^2-t^2+v\right)^2+4\left(\sigma-\frac{1}{2}\right)^2t^2} = \int_{-\infty}^{\infty}\frac{dw}{w^2+4\left(\sigma-\frac{1}{2}\right)^2t^2}$$

$$= \frac{1}{2\left(\sigma-\frac{1}{2}\right)t}\int_{-\infty}^{\infty}\frac{dz}{z^2+1} = \frac{\pi}{2\left(\sigma-\frac{1}{2}\right)t} \leqq \frac{\pi}{2\delta t}.$$

Das Hauptglied in (26) ist

$$\int_0^{\infty}\frac{2u\left(\frac{u}{2\pi}\log\frac{u}{2\pi}-\frac{u}{2\pi}\right)}{\left(\left(s-\frac{1}{2}\right)^2+u^2\right)^2}du$$

$$= \left[-\frac{1}{\left(s-\frac{1}{2}\right)^2+u^2}\left(\frac{u}{2\pi}\log\frac{u}{2\pi}-\frac{u}{2\pi}\right)\right]_0^{\infty} + \int_0^{\infty}\frac{\frac{1}{2\pi}\log\frac{u}{2\pi}}{\left(s-\frac{1}{2}\right)^2+u^2}du$$

$$= \int_0^{\infty}\frac{\frac{1}{2\pi}\log\frac{u}{2\pi}}{\left(s-\frac{1}{2}\right)^2+u^2}du.$$

Es darf statt über die positive reelle Achse über den Strahl $u = \left(s - \frac{1}{2}\right) v \quad (v \geqq 0)$ von $v = 0$ bis $v = \infty$ integriert werden; denn nach einer vorläufigen Anwendung des Cauchyschen Satzes auf das Gebiet, welches aus jenem Winkelraum durch zwei Kreisbogen mit den Radien r und $R > r$ ausgeschnitten wird, ersieht man, dass der Beitrag des ersteren Kreisbogens für $r = 0$ den Limes 0 hat, der des zweiten für $R = \infty$ den Limes 0 hat.[1])

Jenes Hauptglied ist also

$$= \int_0^{\left(s-\frac{1}{2}\right)\infty} \frac{\frac{1}{2\pi} \log \frac{u}{2\pi}}{\left(s - \frac{1}{2}\right)^2 + u^2} \, d\,u\,,$$

folglich, wenn durch die Substitution $u = \left(s - \frac{1}{2}\right) v$ die Variable wieder reell gemacht wird,

$$= \frac{1}{s - \frac{1}{2}} \int_0^{\infty} \frac{\frac{1}{2\pi} \log \left(\left(s - \frac{1}{2}\right) \frac{1}{2\pi}\right)}{1 + v^2} \, d\,v + \frac{1}{s - \frac{1}{2}} \int_0^{\infty} \frac{\frac{1}{2\pi} \log v}{1 + v^2} \, d\,v$$

$$= \frac{1}{s - \frac{1}{2}} \frac{1}{2\pi} \log \left(\left(s - \frac{1}{2}\right) \frac{1}{2\pi}\right) \cdot \frac{\pi}{2} + \frac{1}{s - \frac{1}{2}} \cdot 0 = \frac{1}{s - \frac{1}{2}} \left(\frac{1}{4} \log t + O(1)\right)$$

$$= \frac{1}{2\,(2\,s - 1)} \log t + O\left(\frac{1}{t}\right).$$

Daher kommt heraus:

$$\psi\,(s) = \frac{1}{2\,(2\,s - 1)} \log t + O\left(\frac{1}{t}\right),$$

also nach (25)

$$\frac{\zeta'(s)}{\zeta(s)} = \frac{1}{2} \log t + O(1) - \frac{1}{2} \log t + O(1) = O(1), \tag{27}$$

für $\frac{1}{2} + \delta \leqq \sigma \leqq 1 + \delta$.

Andererseits ist für $\sigma \geqq 1 + \delta$ bekanntermassen

$$\frac{\zeta'(s)}{\zeta(s)} = O(1).$$

Also kommt für $\sigma \geqq \frac{1}{2} + \delta$

$$\frac{\zeta'(s)}{\zeta(s)} = O(1) \tag{28}$$

heraus.

---

[1]) In der Tat ist die Weglänge $< \frac{\pi}{2}\, r$ bezw. $\frac{\pi}{2} R$ und der absolute Betrag des Integranden für $r < \frac{1}{2}$ kleiner als $c' \log \frac{1}{r}$ bezw. für $R > 2$ kleiner als $c'' \frac{\log R}{R^2}$.

Den vorstehenden Beweis, dass (28) aus (10) und (11) folgt, verdanke ich Herrn Franel; dies stand in dem Briefe, auf welchen ich in der Einleitung angespielt habe.

Nun folgt bei festem $\delta > 0$ für $\frac{1}{2} + \delta \leqq \sigma \leqq 1 + \delta$ aus (27)

$$\left|\log \zeta(s)\right| = \left|\log \zeta(1+\delta+ti) + \int_{1+\delta+ti}^{s} \frac{\zeta'(u)}{\zeta(u)}\, du\right|$$

$$\leqq \log \zeta(1+\delta) + O(1) = O(1),$$

$$\left|\zeta(s)\right| = e^{\Re \log \zeta(s)} \leqq e^{|\log \zeta(s)|} = O(1).$$

Also ist für $\sigma \geqq \frac{1}{2} + \delta$

(29) $$\zeta(s) = O(1).$$

Andererseits hat Herr Bohr[1]) bewiesen, dass $\zeta(s)$ für $\sigma > 1$ nicht $O(1)$ ist. Man kommt also zu einem Widerspruch, und der am Anfang dieses Paragraphen ausgesprochene Satz ist bewiesen. Ohne das Zeichen O ausgedrückt: Nach (29) ist für $\sigma \geqq 1, t \geqq 1$

(30) $$|\zeta(s)| < K,$$

wo K eine absolute Konstante ist, und Herr Bohr hatte genau das Gegenteil von (30) bewiesen.

Übrigens ist der obige Endübergang von $\frac{\zeta'(s)}{\zeta(s)}$ zu $\zeta(s)$ für die Aufdeckung des Widerspruches nicht nötig, wenn an Stelle jenes Bohrschen Satzes der ebenso bewiesene Satz VIII jener Arbeit benutzt wird, nach welchem eine Dirichletsche Reihe

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{a_n}{n^s},$$

deren Koeffizienten $\geqq 0$ sind, falls sie für $s = \eta$ divergiert und für $s > \eta$ konvergiert, in der Viertelebene $\sigma > \eta$, $t \geqq 1$ nicht beschränkt ist.

§ 4.

Für den in § 3 bewiesenen Satz will ich nun einen anderen Beweis geben, gleichfalls dadurch, dass ich einen Widerspruch zwischen (10), (11) und dem Satze von Herrn Bohr aufdecke. Diese andere Beweismethode schliesst sich meinen üblichen Beweisanordnungen an (sie benutzt neuere fundamentale Sätze der Funktionentheorie und vermeidet dadurch fast alle Rechnungen) und soll auch in diesen Schlussparagraphen allein verwendet werden.

[1]) Vergl. § 1 der erwähnten Abhandlung.

Um zugleich mit dem Satz des § 3 auch etwas Neues zu beweisen, wende ich mich gleich zum allgemeineren

Satz: *Es sei entweder der* $\limsup_{T=\infty}$ *des Ausdrucks*

$$N(T) - \left(\frac{1}{2\pi} T \log T + \frac{1+\log(2\pi)}{2\pi} T\right) \tag{31}$$

nicht $+\infty$ *oder der* $\liminf_{T=\infty}$ *nicht* $-\infty$. *Dann ist die Riemannsche Vermutung*

$$\zeta(s) \neq 0 \text{ für } \sigma > \frac{1}{2} \tag{11}$$

falsch.

Vorbemerkung: Im § 3 war angenommen, dass beide Unbestimmtheitsgrenzen endlich sind, d. h. dass zugleich der $\limsup_{T=\infty}$ nicht $+\infty$ und der $\liminf_{T=\infty}$ nicht $-\infty$ ist. Der jetzige Satz besagt also mehr.

Beweis: Nach (3) ist für wurzelfrei wachsendes T

$$N(T) - \left(\frac{1}{2\pi} T \log T + \frac{1+\log(2\pi)}{2\pi} T\right) - \frac{1}{\pi} \operatorname{arc} \zeta\left(\frac{1}{2} + Ti\right) = O(1).$$

Nach Voraussetzung hat (31) seinen lim sup $< +\infty$ bezw.[1]) seinen lim inf $> -\infty$; daher hat für wurzelfrei wachsendes T die Funktion $\operatorname{arc} \zeta\left(\frac{1}{2} + Ti\right)$ ihren lim sup $< \infty$ bezw. ihren lim inf $> -\infty$. Es gibt also ein positives b und ein positives A_1 derart, dass für wurzelfreies $T > b$

$$\operatorname{arc} \zeta\left(\frac{1}{2} + Ti\right) < A_1 \text{ bezw. } -\operatorname{arc} \zeta\left(\frac{1}{2} + Ti\right) < A_1$$

ist. Für die wurzelfreien T der Strecke $0 < T \leqq b$ ist sogar offenbar[2])

$$\left|\operatorname{arc} \zeta\left(\frac{1}{2} + Ti\right)\right| < A_2.$$

---

[1]) Um nicht zwei Beweise zu führen, behandle ich gleichzeitig beide Fälle. Die Einfügung des Wortes „bezw." an allen in Betracht kommenden Stellen verhindert ein Missverständnis.

[2]) In der Tat mögen dem Ordinatenintervall $0 < t \leqq b$ die Nullstellen $\varrho_1, \cdots, \varrho_n$ angehören; dann ist die Funktion

$$\frac{\zeta'(s)}{\zeta(s)} + \frac{1}{s-1} - \frac{1}{s-\varrho_1} - \cdots - \frac{1}{s-\varrho_n}$$

für $\frac{1}{2} \leqq \sigma \leqq 2, 0 \leqq t \leqq b$ regulär, also beschränkt; für wurzelfreies T des Intervalls $0 < T \leqq b$ ist daher

$$\operatorname{arc} \zeta\left(\frac{1}{2} + Ti\right) = \Im \int_{2+Ti}^{\frac{1}{2}+Ti} \frac{\zeta'(s)}{\zeta(s)} ds + \operatorname{arc} \zeta(2 + Ti)$$

beschränkt, da ja n fest ist.

Für alle wurzelfreien $T > 0$ ist daher

$$(32) \qquad \operatorname{arc} \zeta\left(\frac{1}{2} + Ti\right) \leqq A_3 \text{ bezw. } -\operatorname{arc} \zeta\left(\frac{1}{2} + Ti\right) \leqq A_3 .$$

Nun wird (11) angenommen; jede Wurzel mit positiver Ordinate hat also die Gestalt $\frac{1}{2} + T_0 i$, und $\log \zeta(s)$ ist für $\sigma > \frac{1}{2}$, $t > 0$ regulär. Ich verstehe unter $\operatorname{arc} \zeta(s)$ für $\sigma > \frac{1}{2}$, $t > 0$ den imaginären Teil dieses Zweiges $\log \zeta(s)$ und[1]) unter $\operatorname{arc} \zeta\left(\frac{1}{2} + T_0 i\right)$ den Limes von $\operatorname{arc} \zeta\left(\frac{1}{2} + \delta + T_0 i\right)$ bei zu 0 abnehmendem positiven δ. Dann ist ersichtlich, dass (32) auch für die $T = T_0$ gilt. Denn es ist ja, wenn ein T_0 mit der Vielfachheit ν vorliegt, bei zu 0 abnehmendem positiven ε

$$\lim_{\varepsilon = 0} \operatorname{arc} \zeta\left(\frac{1}{2} + (T_0 + \varepsilon)\, i\right) = \operatorname{arc} \zeta\left(\frac{1}{2} + T_0 i\right) + \frac{\nu \pi}{2},$$

$$\lim_{\varepsilon = 0} \operatorname{arc} \zeta\left(\frac{1}{2} + (T_0 - \varepsilon)\, i\right) = \operatorname{arc} \zeta\left(\frac{1}{2} + T_0 i\right) - \frac{\nu \pi}{2},$$

also

$$(33) \quad \operatorname{arc} \zeta\left(\frac{1}{2} + T_0 i\right) = \lim_{\varepsilon = 0} \frac{\operatorname{arc} \zeta\left(\frac{1}{2} + (T_0 + \varepsilon) i\right) + \operatorname{arc} \zeta\left(\frac{1}{2} + (T_0 - \varepsilon)\, i\right)}{2}.$$

(32) gilt also für alle $T > 0$.

Ich wähle q so, dass $q > 0$ ist, aber q unterhalb der Ordinate der ersten Nullstelle liegt. Dann ist in der Viertelebene $\sigma > \frac{1}{2}$, $T \geqq q$ die Funktion $\log \zeta(s)$ regulär, $\operatorname{arc} \zeta(s)$ stetig; doch hat $\log \zeta(s)$ auf dem linken Rande dieser Viertelebene die Nullstellen von $\zeta(s)$ mit positiver Ordinate zu logarithmischen Singularitäten; $\operatorname{arc} \zeta(s)$ hat sie also zu Unstetigkeitsstellen.

Es sei $\delta > 0$ gegeben. Dann schneide ich jede jener Singularitäten (d. h. die Nullstellen $s_0 = \frac{1}{2} + T_0 i$ mit $T_0 > 0$, mehrfache hier natürlich nur als ein geometrischer Punkt berücksichtigt) durch je einen Halbkreis nach rechts (der s_0 zum Mittelpunkt hat) derart aus, dass erstens jeder Radius[2]) $r < \frac{\delta}{2}$ ist, zweitens die Halbkreise sich nicht treffen, drittens der unterste nicht unter die Ordinate q hinunterreicht und viertens auf jedem Halbkreis, wenn s' $(= s_0 - r\, i)$ der untere, s'' $(= s_0 + r\, i)$ der obere Endpunkt ist,

$$(34) \qquad \operatorname{arc} \zeta(s) < \operatorname{arc} \zeta(s'') + 1 \text{ bezw. } \operatorname{arc} \zeta(s) > \operatorname{arc} \zeta(s') - 1$$

---

[1]) Für wurzelfreies $T > 0$ und alle σ war $\operatorname{arc} \zeta(s)$ schon in der Einleitung erklärt.

[2]) r hängt selbstverständlich von s_0 ab.

ist. Das geht; denn die drei ersten Bedingungen sind sicher erfüllt, wenn jeder Radius eine bestimmte von s_0 abhängige Grösse nicht übersteigt, und die vierte Bedingung ist bei festem s_0 (Nullstelle νter Ordnung) für alle hinreichend kleinen r erfüllt, wie man folgendermassen einsieht. Wenn

$$\frac{\zeta(s)}{(s-s_0)^\nu} = \varphi(s)$$

gesetzt wird, ist

$$\operatorname{arc} \varphi(s) = \operatorname{arc} \zeta(s) - \nu \operatorname{arc}(s-s_0)$$

in einer gewissen Umgebung des Punktes s_0 der Gestalt $|s-s_0| \leqq \eta$, soweit dabei $\sigma \geqq \frac{1}{2}$ ist, stetig, so dass nach dem Satz von der gleichmässigen Stetigkeit für alle hinreichend kleinen r auf dem Halbkreise

$$\operatorname{arc} \varphi(s) < \operatorname{arc} \varphi(s'') + 1 \text{ und } \operatorname{arc} \varphi(s) > \operatorname{arc} \varphi(s') - 1$$

ist; hieraus ergibt sich mit Rücksicht auf

$$\nu \operatorname{arc}(s-s_0) \leqq \nu \operatorname{arc}(s''-s_0) \text{ und } \nu \operatorname{arc}(s-s_0) \geqq \nu \operatorname{arc}(s'-s_0)$$

die Richtigkeit von (34) für alle hinreichend kleinen r.

In dem Gebiet, welches aus der Viertelebene $\sigma \geqq \frac{1}{2}$, $t \geqq q$ durch Herausschneiden jener Halbkreise entsteht, inkl. Rand, ist $\log \zeta(s)$ regulär, und auf dem linken Rand, d. h. der Geraden $\sigma = \frac{1}{2}$, $t \geqq q$ mit den durch die Halbkreise ersetzten Strecken (s' bis s'') ist nach (32) und (34)

(35) $$\mathfrak{J} \log \zeta(s) < A_3 + 1 \text{ bezw. } -\mathfrak{J} \log \zeta(s) < A_3 + 1.$$

Nun trenne ich aus dieser Viertelebene den rechts von $\sigma = 1 + \delta$ gelegenen Teil ab; diese Gerade trifft keinen der Halbkreise wegen der früheren Festsetzung $r < \frac{\delta}{2} \left(< \frac{1}{2} + \delta\right)$. Das so entstehende Gebiet, welches also links durch die Gerade $\sigma = \frac{1}{2}$ (von $t = q$ an) mit Einbuchtungen, unten durch die Strecke $t = q, \frac{1}{2} \leqq \sigma \leqq 1 + \delta$, rechts durch die Gerade $\sigma = 1 + \delta$ (von $t = q$ an) begrenzt ist, nenne ich G. Dann ist (35) auf dem linken Rand giltig. Auf dem untern und rechten Rand ist offenbar

$$|\mathfrak{J} \log \zeta(s)| < A_4.$$

Auf dem ganzen Rand von G ist daher

(36) $$\mathfrak{J} \log \zeta(s) < A_5 \text{ bezw. } -\mathfrak{J} \log \zeta(s) < A_5.$$

Andererseits ist bekanntlich[1]) für $\frac{1}{2} \leqq \sigma \leqq 1 + \delta$, wenn t durch solche Werte wächst, denen keine Nullstelle mit der Ordinate t entspricht, gleichmässig

(37)
$$\operatorname{arc} \zeta(s) = \Im \log \zeta(s) = \Im \int\limits_{1+\delta+ti}^{s} \frac{\zeta'(u)}{\zeta(u)} du + \Im \log \zeta(1+\delta+ti) = O(\log t).$$

Nun ist nach den gemachten Annahmen $\operatorname{arc} \zeta(s)$ in G stetig, und die für wurzelfrei wachsendes t bekannte Relation (37) gilt daher jetzt überhaupt, wenn s im Innern von G ins Unendliche wächst. Auf dem Rande von G galt (36).

Jetzt setze ich

$$g(s) = (\zeta(s))^{-i} = e^{-i \log \zeta(s)} \text{ bezw. } g(s) = (\zeta(s))^{i} = e^{i \log \zeta(s)}.$$

Diese Funktion $g(s)$ ist in G inkl. Rand regulär; auf dem Rand ist wegen

$$|g(s)| = e^{\Im \log \zeta(s)} \text{ bezw. } |g(s)| = e^{-\Im \log \zeta(s)}$$

nach (36) die Funktion $g(s)$ beschränkt; im Innern ist nach (37) gleichmässig

$$g(s) = O(t^{A_6}).$$

Nach einem Satze der Herren Phragmén und Lindelöf[2]) ist also im ganzen Gebiet $g(s)$ beschränkt. Insbesondere für $\frac{1}{2} + \frac{\delta}{2} \leqq \sigma \leqq 1 + \delta$, $t \geqq q$ (was dem Gebiete angehört, weil alle Radien $< \frac{\delta}{2}$ waren) ist daher

$$|g(s)| < A_7,$$

$$\Im \log \zeta(s) < \log A_7 = A_8 \text{ bezw. } -\Im \log \zeta(s) < A_8.$$

Also ist für $\sigma \geqq \frac{1}{2} + \frac{\delta}{2}$, $t \geqq 1$

$$\Im \log \zeta(s) < A_9 \text{ bezw. } -\Im \log \zeta(s) < A_9.$$

---

[1]) Vergl. S. 372 des Handbuches; die Riemannsche Vermutung (11) oder gar eine unbewiesene Annahme über $N(T)$ wird dabei nicht benutzt. (37) ist also wahr und besagt, dass in (3)

$$M(T) = O(\log T)$$

ist; dies war Herrn von Mangoldts Hauptresultat über $N(T)$.

[2]) Vergl. S. 849—850 des Handbuches; dass dort auch der linke Rand geradlinig ist, ist natürlich für den Beweis ganz unwesentlich.

Daraus folgt nach einem bekannten Satze von Herrn Carathéodory[1]) für $\sigma \geqq \frac{1}{2} + \delta, t \geqq 1$

$$|\log \zeta(s)| < A_{10},$$

$$|\zeta(s)| = e^{\Re \log \zeta(s)} \leqq e^{|\log \zeta(s)|} < e^{A_{10}} = A_{11};$$

also wäre speziell für $\sigma \geqq 1, t \geqq 1$

$$|\zeta(s)| < A_{12},$$

während Herr Bohr das Gegenteil bewiesen hat.

Der zu Anfang dieses Paragraphen ausgesprochene Satz ist damit bewiesen.

§ 5.

Hilfssatz: *Es ist nicht wahr, dass für* $\sigma > 1$

$$\frac{\zeta'(s)}{\zeta(s)} = o(\log \log t)$$

ist.

Mit anderen Worten: *Es gibt eine positive Konstante K derart, dass die Ungleichung*

$$\left|\frac{\zeta'(s)}{\zeta(s)}\right| > \frac{1}{K} \log \log t$$

bei jedem gegebenen τ im Gebiet $\sigma > 1, t > \tau$ eine Lösung besitzt.

Beweis: Im § 9 der Arbeit von Herrn Bohr und mir ist, wenn es dort auch nur auf spezielle Funktionen jener Art angewandt wurde, allgemein bewiesen: Bei jeder Dirichletschen Reihe

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{a_n}{n^s},$$

deren Koeffizienten $a_n \geqq 0$ sind und bei passender Wahl zweier positiven Konstanten α und β für alle ganzen $x \geqq 1$ die Ungleichungen

$$\alpha < \frac{a_1 + \cdots + a_x}{x} < \beta$$

erfüllen, ist, wenn die Reihe bei festem $\tau > 1$ für $\sigma > 1, 1 \leqq t \leqq \tau$ beschränkt ist, in der Halbebene $\sigma > 1$ nicht

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{a_n}{n^s} = o(\log \log t).$$

---

[1]) Vergl. S. 299—300 des Handbuches. In jenem Wortlaut ist nur zu setzen: $F(s) = -i \log \zeta(s)$ bezw. $i \log \zeta(s)$, $s_0 = 1 + \delta + ti$, $r = \frac{1}{2} + \frac{\delta}{2}$, $\varrho = \frac{1}{2}$. Dann liefert er die Beschränktheit von $|\log \zeta(s)|$ für $\frac{1}{2} + \delta \leqq \sigma \leqq 1 + \delta$, $t \geqq \frac{3}{2} + \frac{\delta}{2}$, also für $\sigma \geqq \frac{1}{2} + \delta, t \geqq 1$.

Wird dies auf

$$1-\frac{\zeta'(s)}{\zeta(s)}=1+\sum_{p,m}\frac{\log p}{p^{ms}}$$

angewendet, so erkennt man die Richtigkeit des obigen Hilfssatzes.

§ 6.

Satz: *Es habe der Ausdruck*

$$\frac{N(T)-\left(\frac{1}{2\pi}T\log T+\frac{1+\log(2\pi)}{2\pi}T\right)}{\log\log T}$$

für $T=\infty$ *den Limes* 0 *oder auch nur seinen* lim sup $\leqq 0$ *oder seinen* lim inf $\geqq 0$. *Dann ist die Riemannsche Vermutung*

$$\zeta(s)\neq 0 \text{ für } \sigma>\frac{1}{2} \tag{11}$$

falsch.

Beweis: Es sei

$$\limsup \leqq 0 \text{ bezw. } \liminf \geqq 0.$$

Dann ist für wurzelfrei wachsendes T nach (3)

$$\limsup_{T=\infty}\frac{\operatorname{arc}\zeta\left(\frac{1}{2}+Ti\right)}{\log\log T}\leqq 0 \text{ bezw. } \liminf_{T=\infty}\frac{\operatorname{arc}\zeta\left(\frac{1}{2}+Ti\right)}{\log\log T}\geqq 0. \tag{38}$$

Nun werde (11) als richtig vorausgesetzt und $\operatorname{arc}\zeta(s)$ im Gebiet $\sigma\geqq\frac{1}{2}$, $t>0$ wie in § 4 definiert. Dann ist nach (33) die Relation (38) sogar für stetig wachsendes T giltig.

Es mögen δ und γ zwei willkürlich gegebene positive Konstanten bezeichnen. Nach (38) ist für alle hinreichend grossen T

$$\operatorname{arc}\zeta\left(\frac{1}{2}+Ti\right)<\gamma\log\log T \text{ bezw. } -\operatorname{arc}\zeta\left(\frac{1}{2}+Ti\right)<\gamma\log\log T,$$

d. h. für alle $T>0$

$$\operatorname{arc}\zeta\left(\frac{1}{2}+Ti\right)<\gamma\log\log(T+2)+c_1 \text{ bezw.}$$
$$-\operatorname{arc}\zeta\left(\frac{1}{2}+Ti\right)<\gamma\log\log(T+2)+c_1,$$

wo c_1 eine passend wählbare Konstante ist.

Ich wähle q wie in § 4. Es war $\delta>0$ schon vorhin gegeben. Ich wähle die $r=r(s_0)$ und konstruiere das Gebiet G wie in § 4. Dann ist nach (34) auf dem linken Rand von G (wenn $r<\frac{\delta}{2}$ berücksichtigt wird)

$$\operatorname{arc} \zeta(s) < \gamma \log \log \left(t + 2 + \frac{\delta}{2} \right) + c_1 + 1 \text{ bezw.}$$
$$- \operatorname{arc} \zeta(s) < \gamma \log \log (t + 2) + c_1 + 1,$$

d. h.

$$\mathfrak{J} \log \zeta(s) < \gamma \log \log (t + 2) + c_2 \text{ bezw.}$$
$$- \mathfrak{J} \log \zeta(s) < \gamma \log \log (t + 2) + c_2,$$

auf dem untern und rechten Rande

$$|\mathfrak{J} \log \zeta(s)| < c_3.$$

Also ist auf dem ganzen Rande von G

$$\mathfrak{J} \log \zeta(s) < \gamma \log \log (t + 2) + c_4 \text{ bezw.}$$
$$- \mathfrak{J} \log \zeta(s) < \gamma \log \log (t + 2) + c_4.$$

Im Innern von G ist, wie in § 4 auseinandergesetzt,

$$\mathfrak{J} \log \zeta(s) = O(\log t).$$

Ich setze auch hier

$$g(s) = (\zeta(s))^{-i} = e^{-i \log \zeta(s)} \text{ bezw. } g(s) = (\zeta(s))^{i} = e^{i \log \zeta(s)}.$$

Dann ist in G inkl. Rand $g(s)$ regulär. Auf dem Rand ist

$$|g(s)| < e^{\gamma \log \log (t + 2) + c_4};$$

im Innern von G ist

$$|g(s)| < e^{c_5 \log (t + 2)}.$$

Ich verstehe jetzt unter $\log \log s$ den in der von 1 bis $-\infty$ (längs der reellen Achse) aufgeschnittenen Ebene regulären Zweig, der für $s > 1$ reell ist, und setze

$$\frac{g(s)}{e^{\gamma \log \log s}} = h(s).$$

$h(s)$ ist in G inkl. Rand regulär. Auf dem Rand und im Innern, soweit dabei $t > 1$ ist, ist

$$\mathfrak{R} \log \log s = \log |\log s| \geqq \log (\mathfrak{R} \log s) = \log \log |s| > \log \log t.$$

Überall auf dem Rande und im Innern ist also

$$\mathfrak{R} \log \log s > \log \log (t + 2) - c_6.$$

Daher ist auf dem Rande von G

$$|h(s)| = \frac{|g(s)|}{e^{\gamma \mathfrak{R} \log \log s}} < e^{\gamma \log \log (t+2) + c_4 - \gamma \log \log (t+2) + \gamma c_6} = e^{c_7} = O(1),$$

im Innern von G

$$|h(s)| < e^{c_5 \log(t+2) - \gamma \log\log(t+2) + \gamma c_6} = e^{O(\log t)} = O(t^{c_7}).$$

Nach dem Phragmén-Lindelöfschen Satz ist also im Innern

$$\frac{g(s)}{e^{\gamma \log\log s}} = h(s) = O(1),$$

$$|g(s)| = e^{\gamma \Re \log\log s} \cdot O(1),$$

also wegen

$$\Re \log\log s = \log|\log s| = \log\left(\log t + O(1)\right) = \log\log t + O(1)$$

$$g(s) = O\left(e^{\gamma \log\log t}\right),$$

$$\log|g(s)| < \gamma \log\log t + O(1),$$

$$(39) \quad \begin{cases} \Im \log \zeta(s) < \gamma \log\log t + O(1) \text{ bezw.} \\ -\Im \log \zeta(s) < \gamma \log\log t + O(1). \end{cases}$$

(39) gilt in G, also speziell im Streifen $\frac{1}{2} + \frac{\delta}{2} \leqq \sigma \leqq 1 + \delta$, folglich in der Halbebene $\sigma \geqq \frac{1}{2} + \frac{\delta}{2}$. Für $\sigma \geqq \frac{1}{2} + \frac{\delta}{2}$, $t \geqq 3$ ist daher

$$(40) \quad \Im \log \zeta(s) < \gamma \log\log t + c_9 \text{ bezw. } -\Im \log \zeta(s) < \gamma \log\log t + c_9.$$

Nun wende ich den Carathéodoryschen Satz auf die Funktion $-i \log \zeta(s)$ bezw. $i \log \zeta(s)$ und die beiden Kreise mit dem Mittelpunkt $1 + \delta + ti$, wo $t \geqq \frac{7}{2} + \frac{\delta}{2}$ ist, und den beiden Radien $r = \frac{1}{2} + \frac{\delta}{2}$ und $\varrho = \frac{1}{2} + \frac{\delta}{4}$ an. Dann ist nach (40) auf dem horizontalen linken Radius des kleineren Kreises, d. h. auf der geraden Strecke von $\frac{1}{2} + \frac{3}{4}\delta + ti$ bis $1 + \delta + ti$ für $t \geqq \frac{7}{2} + \frac{\delta}{2}$

$$|\log \zeta(s)| \leqq \log \zeta(1+\delta) + \log \zeta(1+\delta) \frac{1 + \frac{3}{4}\delta}{\frac{\delta}{4}}$$

$$+ 2\left(\gamma \log\log\left(t + \frac{1}{2} + \frac{\delta}{2}\right) + c_9\right) \frac{\frac{1}{2} + \frac{\delta}{4}}{\frac{\delta}{4}} < \frac{2(2+\delta)\gamma}{\delta} \log\log t + c_{10}.$$

Folglich ist in der Viertelebene $\sigma \geqq \frac{1}{2} + \frac{3}{4}\delta$, $t \geqq 3$

$$(41) \quad |\log \zeta(s)| < \frac{2(2+\delta)\gamma}{\delta} \log\log t + c_{11}.$$

Nach einer Cauchyschen Ungleichung ist folglich für $\sigma \geqq \frac{1}{2} + \delta$, $t \geqq 3 + \frac{\delta}{4}$, da das Maximum von $|\log \zeta(s)|$ auf dem Kreise um s mit dem Radius $\frac{\delta}{4}$ nach (41) kleiner als $\frac{2(2+\delta)\gamma}{\delta} \log\log\left(t + \frac{\delta}{4}\right) + c_{11}$ ist,

$$\left|\frac{\zeta'(s)}{\zeta(s)}\right| = \left|\frac{d \log \zeta(s)}{ds}\right|$$

$$\leqq \frac{\frac{2(2+\delta)\gamma}{\delta} \log\log\left(t + \frac{\delta}{4}\right) + c_{11}}{\frac{\delta}{4}} < \frac{8(2+\delta)\gamma}{\delta^2} \log\log t + c_{12};$$

für $\sigma \geqq \frac{1}{2} + \delta$, $t \geqq 3$ ist also

$$\left|\frac{\zeta'(s)}{\zeta(s)}\right| < \frac{8(2+\delta)\gamma}{\delta^2} \log\log t + c_{13}.$$

Hierin waren $\gamma > 0$ und $\delta > 0$ willkürlich gegeben und c_{13} eine von γ und δ abhängige Konstante. Daher ist — weil ich eben zu einem festen $\delta > 0$ jedes noch so kleine $\gamma > 0$ nehmen kann — bei festem $\delta > 0$ für $\sigma \geqq \frac{1}{2} + \delta$ gleichmässig

$$\frac{\zeta'(s)}{\zeta(s)} = o(\log\log t).$$

Dies Ergebnis ist aber bereits für $\delta = \frac{1}{2}$ auf Grund des Hilfssatzes aus § 5 falsch. Der zu Anfang dieses § 6 ausgesprochene Satz ist damit bewiesen.

Göttingen, den 12. Juni 1911.

Aus der Geometrie des endlichen und des unendlich-dimensionalen Raumes.

Von

Paul Nabholz.

Bekanntlich lassen sich die arithmetisch formulierten Sätze der Geometrie des 1, 2 und 3-dimensionalen Raumes widerspruchslos auf den Raum von n Dimensionen übertragen, und die Formeln der analytischen Geometrie des n-dimensionalen Raumes unterscheiden sich von denjenigen des wirklichen Raumes nur darin, dass sie anstatt 1, 2 oder 3 Variable n solche enthalten.[1]) Diese Tatsache mag schon Grassmann bewogen haben, in seiner „linealen Ausdehnungslehre" von 1844 und 1862 rein algebraischen Ausdrücken geometrische Namen wie „extensive Grösse" (Vektor), „Gebiet n-ter Stufe" (linearer Raum), „Abschattung" (Projektion) beizulegen.

Lässt man in den genannten algebraischen Ausdrücken die Anzahl der Variabeln über alle Grenzen wachsen, so gelangt man zur Geometrie des unendlich dimensionalen Raumes.

Wie die Geometrie des linearen n-dimensionalen Raumes zu anschaulichen von Determinanten unabhängigen Methoden zur Behandlung linearer Gleichungen mit n Unbekannten führte, so ergab die Geometrie des linearen unendlich-dimensionalen Raumes entspechende Methoden zur Diskussion linearer Gleichungen mit unendlich vielen Unbekannten, welchem Problem sie in erster Linie ihre Ausbildung zu verdanken hat.[2])

Es soll hier ohne ausführliche Beweise an einigen Beispielen gezeigt werden, dass neben einigen bemerkenswerten Sätzen, welche für den unendlich dimensionalen Raum charakter-

[1]) Schoute: Mehrdimensionale Geometrie. Sammlung Schubert 1908.

[2]) E Schmidt: Über die Auflösung linearer Gleichungen mit unendlich vielen Unbekannten. Rendic. d. Circ. Math. d. Palermo XXV.

Dissertation des Verfassers, Zürich 1910: Geometrische Interpretation linearer Abhängigkeiten und ihre Anwendung auf endliche und unendliche lineare Gleichungssysteme.

istisch sind, dessen Geometrie zu derjenigen des endlich-dimensionalen Raumes grosse Analogien aufweist.

Unter einem Vektor A im n-dimensionalen Raum versteht man ein System von n reellen Zahlen, den Koordinaten $a_1, a_2 \cdots a_n$, und als Länge $|A|$ des Vektors bezeichnet man deren als konvergent vorausgesetzte Quadratsumme in der halben Potenz:

$$(1) \qquad |A| = \sqrt{\sum_{(\nu)} a_\nu^2}$$

(Es ist über alle Koordinaten $a_1\, a_2 \cdots$ zu summieren).

Eine Menge von Vektoren nennt man „unter sich unabhängig“, wenn kein Vektor derselben aus einer endlichen Teilmenge linear-homogen abgeleitet werden kann. Im gewöhnlichen stereometrischen Raum sind beispielsweise drei unter sich unabhängige Vektoren solche, die nicht in einer Ebene liegen und zwei unter sich unabhängige Vektoren solche, die nicht in derselben Geraden liegen.

Ist A ein Vektor, in dessen jeder beliebig kleinen Umgebung ε ein Vektor $A^{(r)}$ einer gegebenen Menge liegt, d. h. für welchen für jedes ε ein r existiert, so dass

$$(2) \qquad |A - A^{(r)}| = \sqrt{\sum_{(\nu)} (a_\nu - a_\nu^{(r)})^2} < \varepsilon \text{ ist,}$$

so nennt man A einen „Häufungsvektor“ der gegebenen Vektorenmenge. Enthält diese keine Häufungsvektoren, so bezeichnet man sie als „absolut unabhängig“[1]), wie es z. B. eine Menge unter sich orthogonaler Vektoren ist.)[2]

Besteht nun die Menge aus der Folge von Vektoren $A^{(1)}, A^{(2)}, \cdots$ und hat diese nur den einen Häufungsvektor A, so nennt man die Folge konvergent und bezeichnet A als ihren Grenzvektor

$$(3) \qquad A = \lim_{r=\infty} A^{(r)}$$

Es folgt dann aus Gleichung (2), dass die Koordinaten der Vektoren gleichmässig nach den Koordinaten des Grenzvektors konvergieren, d. h. es gibt für jedes ε ein R_ε, so dass

---

[1]) Dissert. d. Verf. pag. 9 und 72.

[2]) Zwei Vektoren $A^{(i)}$ und $A^{(k)}$ sind orthogonal, bedeutet:

$$\sum_{\nu} a_\nu^{(i)} a_\nu^{(k)} = A^{(i)} A^{(k)} = \begin{cases} 0 & \text{für } i \neq k \\ |A^{(i)}|^2 & \text{„ } i = k \end{cases}$$

Diese Summe ist auch für Vektoren mit unendlich vielen Koordinaten endlich, wenn nur deren Längen endlich sind.

(4) $|a_\nu - a_\nu^{(r)}| < \varepsilon$ für jedes ν, wenn $r > R_\varepsilon$ ist.

Wollen wir diesen Satz umkehren, so tritt uns ein erster wesentlicher Unterschied zwischen Vektoren mit endlich vielen Koordinaten und solchen mit unendlich vielen entgegen, indem die Gleichung (3) nur im endlich-dimensionalen Raum eine notwendige Folge von Gleichung (4) ist. Ist z. B. $A^{(1)}, A^{(2)}, \cdots$ eine Vektorenfolge, wo der Vektor $A^{(r)}$ die Koordinaten

$$a_\nu^{(r)} = \begin{cases} \frac{\alpha_\nu}{\sqrt{r}} & \text{für } \nu \leq r \\ 0 & \text{„} \ \nu > r \end{cases}$$

hat, so konvergieren diese offenbar mit wachsendem r gleichmässig nach den Koordinaten des Nullvektors Q, während die Entfernungen von $A^{(r)}$ zu Q entgegen Gleichung (2) für jedes r

$$|A^{(r)} - Q| = \sqrt{\sum_{\nu=1}^{r} \left(\frac{\alpha_\nu}{\sqrt{r}}\right)^2} \geq \alpha \text{ ist, wo } \alpha$$

die kleinste unter den von Null verschieden vorausgesetzten Zahlen α_ν bedeutet.

Eine weitere charakteristische Eigenschaft des unendlich dimensionalen Raumes, die wir hier erwähnen wollen, ergibt sich aus der Betrachtung der „linearen Räume".

Ist eine Vektorenmenge gegeben, so versteht man unter dem „linearen Raum" dieser Menge als Basis: die Gesamtheit der Vektoren, welche aus endlichen Teilmengen linear-homogen abgeleitet werden können samt den Häufungsvektoren der so erhaltenen Menge. Lässt sich der so definierte Raum aus einer endlichen Anzahl von Vektoren ableiten, so nennen wir ihn endlich-, andernfalls unendlich-dimensional. Für jeden endlich-dimensionalen Raum gibt es eine für ihn charakteristische Anzahl (Dimensionszahl) von unter sich unabhängigen Vektoren, aus denen er abgeleitet werden kann.[1]) So sind z. B. die Gerade durch einen, die Ebene durch zwei, und der stereometrische Raum durch drei unter sich unabhängige Vektoren bestimmt.

Bilden die unter sich unabhängigen Vektoren $A_1, A_2, \cdots A_s$ die Basis des s-dimensionalen Raumes $\mathfrak{A}_s$, so hat nach der Definition jeder Vektor A von $\mathfrak{A}_s$ die Form

(5) $$A = \sum_{i=1}^{s} \alpha_i A_i,$$

[1]) Dissert. d. Verf. p. 30.

welche Gleichung an Stelle der n Gleichungen

$$(5') \qquad a_\nu = \sum_{i=1}^{s} \alpha_i a_{i\nu} \text{ für } \nu = 1, 2, \cdots n$$

gesetzt ist.

Ist im besondern $s = 2$ und $n = 3$, so bilden die beiden Vektoren A_1 und A_2 die beiden aneinanderstossenden Seiten des Parallelogramms, welches den Vektor A zur Diagonale hat. Für $s = 3$ können ebenso A_1, A_2 und A_3, die drei von einer Ecke eines Parallelepipeds ausgehenden Kanten gedeutet werden, in welchem A die Körperdiagonale ist.

Auch in dem Falle, wo A ein Grenzvektor von $\mathfrak{A}_s$ ist, kann er als eine solche Diagonale eines s-dimensionalen Parallelepipeds, d. h. in der Form (5) dargestellt werden. Ist nämlich

$$A = \lim_{r=\infty} A^{(r)},$$

so hat jeder Vektor $A^{(r)}$ nach Definition die Form $A^{(r)} = \sum_{i=1}^{s} \alpha_i^{(r)} A_i$, wo A_i ($i = 1, 2 \cdots s$ wieder die s Basisvektoren bedeuten. Da s endlich ist, so wird

$$A = \lim_{r=\infty} \sum_{i=1}^{s} \alpha_i^{(r)} A_i = \sum_{i=1}^{s} \alpha_i A_i,$$

wo α_i für $\lim \alpha_i^{(r)}$ gesetzt ist, welcher wegen (5′) und (4) existiert.

Diese Verhältnisse gestalten sich nun im unendlich-dimensionalen Raum wesentlich mannigfaltiger. Ist die Basis eine abzählbare, unter sich absolut unabhängige Vektorenmenge, so zerfällt der zugehörige unendlich-dimensionale Raum immer in zwei eindeutig bestimmte Teile, den „innern Raum“, als die Gesamtheit der Vektoren, welcher aus einer endlichen Teilmenge der Basis abgeleitet werden können, und den „Grenzraum“, als die Gesamtheit der Vektoren, die nur als Häufungsvektoren des „innern Raumes“ dargestellt werden können. Es ist nun dem Grenzraum eigen, dass seine Vektoren im allgemeinen nicht mehr als Diagonalen des von den Basisvektoren $A_1, A_2 \cdots$ gebideten Parallelepipedons, d. h. in der Form

$$(\overline{5}) \qquad A = \sum_{i=1}^{\infty} \alpha_i A_i$$

dargestellt werden können. Sie haben vielmehr die kompliziertere Form

$$(6) \qquad A = \lim_{r=\infty} \sum_{i=1}^{r} \alpha_i^{(r)} A_i,$$

welche aber immer in die einfachere Form $(\overline{5})$ übergeht, wenn die

Basisvektoren unter sich orthogonal sind, oder geometrisch gesprochen, wenn das von den Basisvektoren gebildete Parallelepipedon rechtwinklig ist.

Der Beweis sei hier mitgeteilt, da er Gelegenheit bietet, diejenigen Hauptsätze anzuführen, welche den Geometrien des wirklichen, des n-dimensionalen und des unendlich-dimensionalen Raumes gemeinschaftlich sind.

Ist ein beliebiger linearer Raum $\mathfrak{A}$ und ein Vektor A gegeben, so kann dieser in bezug auf den gegebenen Raum $\mathfrak{A}$ immer in eindeutiger Weise in zwei zu einander orthogonale Komponenten zerlegt werden, von denen die eine A' (Projektion von A) im gegebenen Raum liegt, während die andere P (Perpendikel von A) zu diesem orthogonal ist. Das Verschwinden von P ist dann ein notwendiges und hinreichendes Kriterium dafür, dass der Vektor A im gegebenen Raum $\mathfrak{A}$ enthalten ist. Anderseits ist A von den Vektoren des gegebenen Raumes absolut unabhängig, d. h. er liegt ausserhalb des Raumes, wenn das Perpendikel P von Null verschieden wird.[1])

Bezeichnen wir nun mit $\mathfrak{A}_r$ den r-dimensionalen Raum mit den r ersten Vektoren der absolut unabhängigen Folge $A_1, A_2 \cdots$ als Basis, so kann für jedes r der gegebene Grenzvektor A eindeutig in die Projektion $A^{(r)}$ auf den Raum $\mathfrak{A}_r$ und das zugehörige Perpendikel $P^{(r)}$ zerlegt werden. Es ist namentlich auch

$$(7) \qquad A = \lim_{r=\infty} (A^{(r)} + P^{(r)})$$

die immer mögliche Zerlegung von A in bezug auf den Raum $\mathfrak{A}$.

Da aber A im Raume $\mathfrak{A}$ liegt, so ist notwendig $\lim\limits_{r=\infty} P^{(r)} = 0$ und somit

$$(8) \qquad A = \lim_{r=\infty} A^{(r)}$$

Der Vektor $A^{(r)}$ liegt anderseits im Raum $\mathfrak{A}_r$ und hat deshalb die Form

$$(9) \qquad A^{(r)} = \sum_{i=1}^{r} \alpha_i^{(r)} A_i = A - P^{(r)},$$

wo sich die Koeffizienten $\alpha_i^{(r)}$ in eindeutiger Weise folgendermassen bestimmen:

Ist P_k das Perpendikel von $\underset{k \leq r}{A_k}$ auf den Raum $\mathfrak{A}^{(k)}$ mit allen übrigen Vektoren $\underset{i \neq k}{A_i}$ als Basis, so kann dieses wegen der absoluten Unabhängigkeit der Basis für kein k verschwinden, und es ist

[1]) Dissert. d. Verf. p. 36 und 70.

$$P_k A_i = \begin{cases} 0 \text{ für } i \neq k \\ P_k^2 \quad „ \quad i = k \end{cases}.$$

Multipliziert man daher Gleichung (9) mit P_k, so bleibt noch

$$P_k A^{(r)} = \alpha_k^{(r)} P_k A_k = P_k A - P_k P^{(r)};$$

also wird

$$(10) \qquad \alpha_i^{(r)} = \frac{P_i A^{(r)}}{P_i^2} = \frac{P_i A}{P_i^2} - \frac{P_i P^{(r)}}{P_i^2} \text{ für } \left.\begin{matrix} i \\ r \end{matrix}\right\} = 1, 2, \cdots \text{ad inf.}$$

Wegen Gleichung (8) und (9) hat dann A die Form (6)

$$(11) \qquad A = \lim_{r=\infty} \sum_{i=1}^{r} \frac{P_i A^{(r)}}{P_i^2} A_i$$

$$= \lim_{r=\infty} \sum_{i=1}^{r} \frac{P_i A}{P_i^2} A_i - \lim_{r=\infty} \sum_{i=1}^{r} \frac{P_i P^{(r)}}{P_i^2} A_i.$$

Von dieser Differenz entspricht nur der Minuend der „Diagonalform“ $(\overline{5})$, und obwohl im Subtrahenden die einzelnen Koeffizienten $\frac{P_i P^{(r)}}{P_i^2}$ wegen $\lim_{r=\infty} P^{(r)} = 0$ für $r = \infty$ verschwinden, so wird doch der Subtrahend im allgemeinen nicht verschwinden.

Ist dagegen die Basis $A_1, A_2 \cdots$ unter sich orthogonal, so ist offenbar für jedes k das Perpendikel $P_k \equiv A_k$, und da $P^{(r)} \perp A_k$ für $k \leqq r$, so verschwindet $\frac{P_i P^{(r)}}{P_i^2}$ für jedes r und somit auch der Subtrahend von Gleichung (11), so dass in der Tat die Form (6) in die Form $(\overline{5})$ übergeht, wenn die Basis aus unter sich orthogonalen Vektoren besteht.

Endlich wollen wir noch den Raum betrachten, welcher jeden beliebigen Vektor enthält und als „Gesamtraum“ bezeichnet werden möge. Operieren wir nur mit Vektoren, die n Koordinaten haben, so ist der Gesamtraum einfach der n-dimensionale Raum. Wächst dagegen n über alle Grenzen, so ist nicht mehr jeder unendlich-dimensionale Raum Gesamtraum. Man kann nun aber von jedem vorgelegten unendlich-dimensionalen Raum entscheiden, ob er Gesamtraum ist oder nicht.

Ist nämlich die Folge $A_1, A_2, \cdots$ die Basis des gegebenen Raumes, so lässt sich aus dieser immer eine orthogonale normierte Basis[1]) $B_1, B_2, \cdots$ desselben Raumes ableiten. Die so erhaltene Vektorenfolge B_i mit den

---

[1]) Die Folge $B_1, B_2, \cdots$ ist orthogonal und normiert, wenn

$$B_i B_k = \begin{cases} 0 \text{ für } i \neq k \\ 1 \quad „ \quad i = k \end{cases} \text{ ist.}$$

Koordinaten $b_{i1}, b_{i2}, b_{i3}, \cdots$ für $i = 1, 2, \cdots$ ad inf. bildet nun dann und nur dann eine Basis des Gesamtraumes, wenn die sämtlichen Vektoren der Folge B_k mit den Koordinaten $b_{k1} = b_{1k}, \bar{b}_{k2} = b_{2k}, \bar{b}_{k3} = b_{3k} \cdots$ ad inf. für $k = 1, 2, \cdots$ ad inf. die Länge eins haben. Zudem hat sich noch gezeigt, dass die beiden Folgen $B_1, B_2, \cdots$ und $\bar{B}_1, \bar{B}_2, \cdots$ immer gleichzeitig eine orthogonale und normierte Basis des Gesamtraumes bilden.[1])

---

[1]) Kowalewski: Einführung in die Determinantentheorie, p. 418 und Dissert. d. Verf. p. 76.

Die Frage nach der atomistischen Struktur der Energie.

Von

P. Debye.

Akademische Antrittsrede, gehalten in der Aula der Universität Zürich am 8. Juli 1911.

Verehrte Anwesende!

Ich habe mir vorgenommen, heute vor Ihnen einige Erfahrungsresultate zu beleuchten im Lichte einer neuen, merkwürdigen Hypothese, welche in den letzten Jahren aufgetaucht ist. Unverkennbare Zeichen ihrer grossen Tragweite sind jetzt in so grosser Zahl vorhanden, dass diese Hypothese auch ausserhalb des engeren Fachkreises ein reges Interesse beanspruchen darf. Ich will sprechen über die Tatsachen, welche uns dazu führen, eine atomistische Struktur der Energie zu postulieren.

Längst haben wir uns ja alle daran gewöhnt, eine untere Teilbarkeitsgrenze der Materie anzunehmen, wäre doch ohne den Begriff des Atoms die ganze Chemie ohne klaren Ausgangspunkt. Neuer schon ist die Übertragung derselben Gedankenreihe in das Gebiet der Elektrizität, aber auch hier dürfen wir behaupten, dass das Elektron, das Atom der Elektrizität, seine reale Existenz bewiesen hat. Ganz neuerdings hat Weiss ein Atom des magnetischen Moments postuliert und alle Tatsachen, die er bis jetzt zusammengebracht hat, sprechen unbedingt für die Richtigkeit seiner Auffassung. Dennoch dürfte schliesslich die Annahme eines Energieatoms etwas fremdartig anmuten und um zunächst das unangenehme Gefühl, mit dem wir diesem Begriff begegnen werden, überwinden zu helfen, will ich vor allem einige Tatsachen hervorheben, welche uns vermuten lassen, dass der Unterschied zwischen Energie und Materie kein so tiefgreifender ist wie man gewöhnlich denkt. Zu diesem Zwecke will ich zeigen, dass zwei Begriffe, denen man sonst nur in der Mechanik zu begegnen gewöhnt ist, die Begriffe Impuls und Masse beide sich ohne weiteres auf die Energie übertragen lassen. Zunächst zu dem Begriff Impuls.

Denken Sie sich einen Massenpunkt, welcher sich mit einer gewissen Geschwindigkeit bewegt. Das Grundgesetz der Mechanik besagt dann, dass eine Änderung dieser Geschwindigkeit nur zustande kommen kann durch Einwirkung einer Kraft. Man kann das präziser so ausdrücken, dass man sagt: Bilde ich das Produkt Masse mal Geschwindigkeit und nenne dieses Produkt den „Impuls" des Massenpunktes, so lautet das Grundgesetz der Mechanik: „Die Impulsänderung ist proportional der Kraftwirkung" und im speziellen wenn keine Kraft vorhanden ist: „Der Impuls bleibt zeitlich konstant." Die Frage tritt nun auf, ob die Konstanz des Impulses auch für solche von äusseren Kräften freie Systeme behauptet werden kann, welche nicht rein materiell sind. Wir befinden uns in der glücklichen Lage neben einer klaren schon von Maxwell begründeten Theorie auch Experimente zu besitzen, welche über diese Frage Aufschluss erteilen können. Es sind das Experimente, ausgeführt von Lebedew, sowie von Nichols und Hull, welche unzweideutig zeigen, dass auf einen Körper auffallende Strahlung auf denselben eine mechanische Kraft ausübt. Zwar werden wir für unsren unmittelbaren Zweck ein Gedankenexperiment bevorzugen, aber dessen Resultat ist nach jenen Versuchen nicht im mindesten zweifelhaft. Denken wir uns eine Hohlkugel, welche nach allen Richtungen gegen Wärmeabgabe nach aussen geschützt ist mit Ausnahme einer kleinen Öffnung. Sie sei wärmer wie die Umgebung, strahlt also fortwährend Energie in eine Richtung nach aussen. Hängen wir die Kugel nun so auf, dass sie jedem kleinsten Druck nachgeben kann, so werden wir beobachten, dass sie langsam eine Bewegung annimmt in einer Richtung, entgegengesetzt derjenigen, nach welcher die Energie fortschreitet. Es scheint also auf den ersten Blick, als ob hier das Grundgesetz der Mechanik seine Gültigkeit verloren hätte, denn Kräfte äusseren Ursprungs sind ja nicht vorhanden, während andererseits dennoch eine Bewegung, d. h. also eine Impulsänderung der Kugel auftritt. Die einzige Möglichkeit, unsern Impulssatz beizubehalten, besteht nun darin, dass wir nicht allein der materiellen Kugel einen Impuls zuschreiben, sondern diesen Begriff geradezu auf die ausgestrahlte Energie übertragen und demnach behaupten: strahlende Energie, oder wie wir auch sagen können, das elektromagnetische Feld ist Träger eines rein mechanisch messbaren Impulses. Man könnte sich nun nach der älteren Anschauungsweise schliesslich noch denken, dass dieser Impuls seinen Sitz im Äther hätte, welchen man ja lange Zeit hindurch als Träger aller Lichtwirkungen, überhaupt aller elektromagnetischen Wirkungen anzusehen geneigt war. Aber seitdem die Relativitätstheorie Einstein's gezeigt hat, dass jener Äther eine unhaltbare Fiktion ist,

ist dieser Ausweg für uns verschlossen und wir können also tatsächlich nicht anders, wie das Feld an sich als Träger seines eigenen Impulses zu betrachten.

Aber damit ist die Analogie zwischen Energie und Materie nicht erschöpft. Verfolgt man nämlich näher die Bewegungsgesetze eines Körpers, der ausser seiner materiellen Masse eine (immaterielle) Energie trägt, nach den Prinzipien der Relativtheorie, so wird man mit Einstein notgedrungen dazu geführt, jeder Energie, in welcher Form sie auch auftritt, eine Masse zuzuschreiben, und zwar findet man für die Grösse dieser Masse einen ganz bestimmten Ausdruck, nämlich den Wert, Energie dividiert durch Quadrat der Lichtgeschwindigkeit. Sie werden mir natürlich nun sofort entgegen halten wollen, es sei von einer solchen Eigenschaft der Energie noch nie etwas beobachtet worden. Ich müsste dem beistimmen, aber ein Widerspruch ist das nicht. Wegen der kolossalen Grösse der Lichtgeschwindigkeit (300 000 km/Sek.) wird nämlich die Masse, welche zu einer für unsere Begriffe schon sehr grossen Energie gehört, eine ungeheuer kleine. [1]) Wenn man z. B. zwei Gramm Wasserstoff und 16 Gramm Sauerstoff sich mit einander zu Wasser verbinden lässt, so tritt eine verhältnismässig sehr grosse Wärmeentwicklung auf; sie beträgt 68 400 Cal. und entspricht, durch das Quadrat der Lichtgeschwindigkeit dividiert, dennoch nur einer Masse von $3{,}2 \cdot 10^{-9}$ Gramm. Man sieht also, dass man an einen direkt experimentellen Nachweis dieser Folgerung der Relativtheorie nicht denken kann, aber andererseits wäre ein Zweifel an diesem Resultat annähernd ebenso unberechtigt, wie ein Zweifel an der Relativtheorie selbst. So werden wir also gezwungen, die Aussage, die Energie trägt wie die Materie Impuls und Masse, als wahr anzuerkennen.

Damit dürfte nun zunächst die Sonderstellung der Energie aufgehoben und die Möglichkeit eines Zusammenhangs zwischen Energie und Materie erkannt sein. Von diesem Standpunkte aus wird es uns nun vielleicht weniger Wunder nehmen, wenn wir dazu geführt werden, ebenso wie bei der Materie auch bei der Energie eine untere Grenze der Teilbarkeit anzunehmen. Wenden wir uns jetzt zu Versuchen, welche erst dann eine einfache Deutung finden, wenn man die Annahme einer unendlich fein verteilbaren Energie fallen lässt.

Das erste Gebiet, welches hier in Betracht kommt, ist das der Wärmestrahlung. Hier fand man auch historisch den ersten Anlass zu den fraglichen Betrachtungen und zwar wurde die Hypothese zuerst formuliert vom Berliner Physiker Planck. Grundlage

[1]) Das Beispiel entnehme ich dem neulich erschienenen Buche: „Das Relativitätsprinzip“ von M. Laue.

der ganzen Strahlungstheorie bildet ein berühmter Satz, welcher nach Kirchhoff benannt wird. Er vergleicht die Strahlung in Hohlräumen, deren Berandung gebildet wird von Körpern verschiedener Beschaffenheit, aber gleicher Temperatur. Nach aussen hin mögen wir uns dieselben als vollständig gegen Wärmeabgabe geschützt vorstellen. Der Satz behauptet dann, dass die Strahlung vollständig unabhängig ist von der Beschaffenheit und dem Material der Wände. Präziser fassen wir die Aussage noch so: Denkt man sich aus der ganzen, in einem solchen Hohlraum vorhandenen Strahlung einen gewissen Teil ausgeschieden, dessen Wellenlänge nur zwischen engen Grenzen schwankt, und führt man diese Operation aus für die verschiedenen zu vergleichenden Hohlräume, so findet man, dass die zu dieser Wellenlänge gehörige Energiedichte überall denselben Wert aufweist. Nachdem man nun das universelle Moment in der Strahlung erkannt hat, ist die nächste Frage natürlich nach der Art und Weise, wie die zu einer Wellenlänge gehörige Energie von der Temperatur der Berandungen des Hohlraums abhängt. Um diese Abhängigkeit zu berechnen, hat man folgenden Weg eingeschlagen: Man geht davon aus, dass die Strahlung ein elektromagnetischer Vorgang ist und bildet nun einen möglichst einfachen Apparat, einen Gedankenapparat, welcher imstande ist, die Energiedichte der Strahlung, so weit sie zu einer bestimmten Wellenlänge gehört, zu messen. Ein solcher Apparat besteht z. B. aus einem elektrisch geladenen Teilchen, das wegen einer Art elastischer Bindung um seine Ruhelage Schwingungen von ganz bestimmter Periode ausführen kann, ähnlich wie ein gewöhnliches Pendel. Wenn man einen solchen Resonator in ein Strahlungsfeld hineinbringt, so wird er aus demselben Energie aufnehmen, und zwar nur solche, deren Schwingungszahl annähernd mit seiner Eigenfrequenz übereinstimmt. Ist er genügend lange im Hohlraum, so wird er einem Gleichgewichtszustand zustreben, indem er pro Zeiteinheit ebensoviel Energie verliert als er aufnimmt. Die Energie, welche er im Mittel enthält, wird der zu messenden Energiedichte der Strahlung proportional sein. Der Resonator ist demnach als Messinstrument ohne weiteres geeignet.

Wir sehen uns nun um nach einem Weg, diese Energie zu der Temperatur der Berandung in Beziehung zu setzen. Aus der Erfahrung wissen wir, dass ein aus solchen Resonatoren bestehender Körper, welcher längere Zeit im Innern unseres Hohlraumes verbracht hat, schliesslich dieselbe Temperatur, wie die umgebende Hülle annimmt, so dass dann kein einseitiger Wärmeübergang mehr zwischen Versuchskörper und Hülle stattfindet. Aber weiter wissen wir, dass wir dasselbe erreichen können, wenn wir den aus Resonatoren be-

stehenden Körper nicht durch Strahlung, sondern durch direkte Berührung verbinden mit irgend einem Körper, welcher dieselbe Temperatur wie der Hohlraum hat. Die Wahl jenes zweiten Körpers ist an sich gleichgültig, aber wenn wir die Anordnung theoretisch verwerten wollen, so wird es gut sein, als Übertragungskörper einen solchen zu wählen, dessen innere Beschaffenheit wir kennen. Als erster kommt hier irgend ein Gas in Betracht. Nach der sogenannten kinetischen Theorie besteht ja ein Gas aus kleinsten Teilchen, Moleküle, welche sich nach allen Richtungen im Raum bewegen mit Geschwindigkeiten, die je nach der Temperatur verschieden sind und welche z. B. beim leichtesten Gas, beim Wasserstoff, eine Grösse von 1800 m/Sek bei 0° C. erreichen. Die Teilchen stossen zusammen, tauschen dabei ihre Geschwindigkeiten gegenseitig aus, sie stossen auf die Wandungen des umgebenden Gefässes und erzeugen so den Druck. Wenn ich nun den aus Resonatoren bestehenden Körper mit einem solchen Gas in Berührung bringe, so werden die Resonatoren durch die Stösse, welche sie von den einzelnen Gasmolekülen erfahren, in Schwingung versetzt werden, und werden ebenfalls wieder einem Gleichgewichtszustande zustreben, dessen mittlere Energie abhängen wird von der mittleren Energie, welche einem Gasmoleküle zukommt. Letztere ist uns bekannt, denn einerseits überlegt man leicht, dass der durch die Stösse der Moleküle verursachte Druck des Gases der mittleren Energie eines Moleküls proportional ist. Andererseits wissen wir aus der Erfahrung, dass nach dem Gay-Lussac'schen Gesetz der Druck eines Gases proportional ist der absoluten Temperatur, (deren Nullpunkt bekanntlich bei -273° C. anzunehmen ist). Man muss also schliessen, dass die mittlere Energie eines Gasmoleküls der absoluten Temperatur proportional ist. Es handelt sich jetzt nur noch darum, aus der Energie eines Gasmoleküls auf die Energie des Resonators zu schliessen. Ich will das Resultat vorweg nehmen, um nachträglich einiges zu der hier angewandten Überlegung zu sagen. Es lautet: Die Energie des Resonators ist zwei Drittel der Energie des Gasatoms und damit ebenfalls der absoluten Temperatur proportional.

Die Überlegungen, welche zu diesem Resultat führen, gehören zur sogenannten statistischen Mechanik, welche vor einigen Jahrzehnten von Boltzmann begründet wurde. Man sagt „statistische Mechanik", weil die Grundgesetze der Mechanik durchweg auch für die Moleküle anerkannt werden und man fügt die nähere Umschreibung „statistische" hinzu, um anzudeuten, dass man ausserdem einen ausgiebigen Gebrauch von den Methoden der Wahrscheinlichkeitsrechnung macht. Der allgemeine Gedankengang möge aus den folgenden Bemerkungen erhellen. Man denke sich den aus Resona-

toren bestehenden Versuchskörper, beobachtet von einem mit so feinen Mitteln ausgestatteten Beobachter, dass er die Resonatoren alle einzeln in ihrem Bewegungszustand verfolgen kann. Derselbe wird dann bemerken, dass die Energie eines Resonators fortwährende Schwankungen durchmacht. Auch die Gesamtenergie des Systems wird ebenfalls solche Schwankungen ausführen. Diese werden nun zwar für den ideellen Beobachter bemerklich sein, dagegen werden sie für unsere Mittel in der weitaus überwiegenden Mehrzahl der Fälle durchaus unmerklich bleiben. Nimmt man an, dass die Energieübertragung zwischen den Gasatomen und den Resonatoren nach den Gesetzen der klassischen Mechanik verläuft, so kann man, ohne näher auf den Mechanismus einzugehen, dennoch jedem Bewegungszustand des Systems eine Zahl zuordnen, welche die Häufigkeit seines Vorkommens misst im Laufe der Zeit. Letzteres natürlich, indem man die Regeln der Statistik benutzt. Nun kann man auch den häufigsten oder wahrscheinlichsten Zustand bestimmen und erhält dann den Anschluss an die Wirklichkeit durch das Postulat, dass jener wahrscheinlichste Zustand mit dem wirklich beobachteten identisch ist. So findet man dann das allgemeine Gesetz der gleichmässigen Energieverteilung, wonach im Temperaturgleichgewicht jeder Freiheitsgrad an sich eine Energie bekommt, welche nur von der Temperatur abhängt. Von diesem Satze ist das vorhergeschickte Resultat ein Spezialfall. Es könnten allein darüber noch Zweifel bestehen, ob es wohl gestattet ist, den mittleren Zustand mit dem wirklich beobachtbaren zu identifizieren. Um die Berechtigung zu dieser Annahme zu begründen, will ich folgendes Beispiel betrachten im Sinne Boltzmann's.

Denken sie sich einen Liter Wasserstoff, indem nach der kinetischen Theorie eine grosse Zahl, sagen wir, n Moleküle enthalten sind. Im Mittel werden nun in jedem Kubikzentimeter, wo auch aus dem Gefässe herausgenommen, immer die gleiche Zahl Moleküle vorhanden sein. Das ist der praktische Befund. Ebenso wie bei unsern Resonatoren wird man nun schliessen müssen, dass auch von diesem mittleren Zustand im Laufe der Zeit Abweichungen auftreten müssen, aber es bleibt noch immer die Frage übrig, ob diese Abweichungen auch in genügender Grösse vorhanden sind, um beobachtbar zu werden. Fragen wir deshalb z. B. nach der Wahrscheinlichkeit, dass 999 Kubikzentimeter unseres Gases Materie enthalten und dass ein Kubikzentimeter vollständig leer ist. Die Wahrscheinlichkeit, welche wir hier meinen, sei z. B. folgendermassen definiert. Wir denken uns das Gas mit einem photographischen Apparat jede Zehntelssekunde aufgenommen und denken uns nun diese Photographien alle neben-

einander gelegt. Die Wahrscheinlichkeit für den obigen Zustand können wir dann direkt messen durch die Anzahl Male, dass er photographiert worden ist im Vergleich zu der Anzahl Photographien, welche eine gleichmässige Verteilung der Gasmoleküle aufweisen. Berechnet man diese Wahrscheinlichkeit, so findet man dafür den Wert $e^{-\frac{n}{1000}}$. Bedenkt man nun, dass in unserem Liter Gas $2{,}8 \,.\, 10^{22}$ Moleküle vorhanden sind, so wird die Wahrscheinlichkeit gemessen, durch die ungeheuer kleine Zahl $e^{-2{,}8 \cdot 10^{19}}$, d. h. 1 dividiert durch eine Zahl mit mehr als 10^{19} Ziffern vor dem Komma.

Halten wir uns nun vorläufig überzeugt von der Richtigkeit der obigen Überlegungen und wiederholen die Hauptresultate. Einmal fanden wir, dass die Energie eines Resonators in einem Strahlungsfelde proportional der Strahlungsenergie ist; andererseits fanden wir, dass die mittlere Energie des Resonators in Berührung mit einem Gas, welches dieselbe Temperatur besitzt wie der Hohlraum, in dem die Strahlung eingeschlossen ist, eine Energie bekommt, welche proportional der absoluten Temperatur ist. Daraus schliessen wir, dass auch die Strahlungsenergie proportional der absoluten Temperatur sein muss.

Vergleichen wir dieses Resultat mit der Erfahrung: Ich zeichnete Ihnen eine Figur, längst derer horizontalen Axe die Temperatur aufgetragen ist. In senkrechter Richtung dazu messen wir die zu einer bestimmten Wellenlänge gehörigen Strahlungsenergie. Der vorher theoretisch erschlossene Zusammenhang zwischen diesen beiden Grössen würde dann dargestellt werden durch eine gerade Linie, welche durch den Nullpunkt hindurch geht. Dem gegenüber ergibt nun die Erfahrung ein teilweise stark abweichendes Resultat. Für hohe Temperatur rechts in der Figur ist der Unterschied zwischen den beobachteten und den berechneten Ordinaten gleich einer konstanten endlichen Grösse, d. h. die beobachtete Kurve verläuft parallel der berechneten. Je höher die Temperatur wird, um so mehr verschwindet also die Differenz beider Energiewerte gegenüber dem Betrag eines derselben. Bei einer Annäherung an den absoluten Nullpunkt nähern sich die beiden Kurven derart, dass sie schliesslich für die Temperatur Null, durch den Nullpunkt des Coordinatensystems hindurchgehen. Besser noch treten die charakteristischen Unterschiede hervor, wenn man das Verhältnis beobachteter zu berechneter Energie bildet. Dasselbe ist Null im absoluten Nullpunkt und strebt dann bei steigender Temperatur immer mehr dem Werte 1 zu. Die Differenzen zwischen Erfahrung und Theorie treten also besonders dort klar hervor, wo die Energiewerte, welche zur Verfügung stehen,

verhältnismässig klein werden. Das ist nun ein direkter Hinweis auf die Existenz eines Elementarquantums der Energie. Gehen wir nämlich unsern früheren Überlegungen nach, so sehen wir, dass sie ihr charakteristisches Gepräge erhalten durch die Grundannahme, der Resonator sei imstande, die Energie so aufzunehmen, wie sie sich ihm bietet, ganz unabhängig davon, wie gross oder wie klein die auftreffende Menge ist. Suponieren wir nun einmal, dass der Resonator kleine, auffallende Energiemengen nicht beachten würde, sie nicht in sich aufnähme und dass er erst in Tätigkeit rückt, wenn dieselbe einen ganz bestimmten Betrag oder ein ganzes Vielfaches davon ausmacht. Dann wird, so lange die verfügbare Energie klein ist, der Resonator geraume Zeit hindurch überhaupt nichts aufnehmen und nur sozusagen in einem Glücksfall sich ein Energiequantum erhaschen können. Im Mittel genommen, wird also sein Energieinhalt kleiner sein wie der aus den frühern Betrachtungen gefolgerte. Ist dagegen die zur Verfügung stehende Energie gross gegenüber dem Energiequantum, so wird es keine Rolle mehr spielen und als unendlich klein angesehen werden können. Durch Einführung der Quantenstruktur der Energie kommen wir also, wie Sie sehen, wenigstens qualitativ wieder in Übereinstimmung mit der Erfahrung. Allerdings ist mit diesen qualitativen Überlegungen allein natürlich die Sache noch nicht erledigt, aber auch die genauen quantitativen Überlegungen geben uns Recht, denn die Kurve über die Abhängigkeit der zu einer Wellenlänge gehörigen Strahlungsenergie von der Temperatur, die Planck auf Grund der Quantenhypothese berechnet hat, fällt vollständig mit der experimentell gefundenen zusammen.

Bis jetzt sprachen wir von einem Resonator mit einer ganz bestimmten Eigenfrequenz. Die nächste Frage, die wir uns vorlegen müssen, ist nun die, ob das Energiequantum von den Eigenschaften des Resonators unabhängig ist. Das ist indessen nicht der Fall, aber es gilt ein ganz einfaches Gesetz, welches die Eigenschaften des Resonators mit der Grösse des Energiequantums verbindet. Man findet nämlich, dass ein Resonator ein umso grösseres Energiequantum beansprucht, je grösser seine Schwingungszahl ist und zwar sind Energiequantum und Schwingungszahl einander direkt proportional. Gerade die Proportionalität unserer Quanten mit der Schwingungszahl bedingte es, dass wir in der Strahlung zuerst ihren Einfluss erkannten; beobachtet man nur bei genügend kleiner Wellenlänge, so treten die Quanteneigenschaften in ausgesprochenster Form hervor. Als universelles Gebilde erscheint also nicht gerade das Energiequantum, sondern eine andere Grösse mit der Dimension

einer Wirkung, d. h. einer Energie, multipliziert mit einer Zeit[1]), aus der sich dann erst nachträglich ein Elementarquantum der Energie ableitet. Aber die Hauptsache für uns bleibt erhalten, die Energie verhält sich so, als wäre sie nicht bis ins Unendliche teilbar, sondern als bestehe sie aus Quanten von endlichem Betrag, wenn auch dieser Betrag nicht von den äussern Umständen unabhängig ist. Es liegt die Sache ungefähr so, wie in der Chemie, wo wir auch mit den Elementen als selbständige Gebilde rechnen, obwohl wir wissen, dass sie sich in das bekannte periodische System einordnen lassen und sogar ein Fall einer direkten Umwandlung eines Elementes in ein anderes experimentell sichergestellt wurde. Allerdings möchte ich nicht den Anschein erwecken, als ob wir über das universelle im Energiequantum ebensowenig orientiert wären, wie über ein eventuell mögliches Uratom der Chemie. Die erstere Frage dürfte ihrer Beantwortung sehr viel näher stehen. Auch dürfte für manche Anwendungen ein Aufsteigen bis zum universellen Wirkungsquantum unter Übergehung der Zwischenstufe des Energiequantums durchaus notwendig sein, wie insbesondere Untersuchungen von Sommerfeld über die Rolle des Elementarquantums in der Theorie der Röntgen- und γ-Strahlen gezeigt haben.

Nachdem wir auf Grund der Strahlung nun den Begriff des Energiequantums erkannt hatten, war es nötig, zu untersuchen, ob es auch noch andere Gebiete der Physik gebe, wo die endliche Teilbarkeit der Energie eine Rolle spielen könnte. Die ersten Tatsachen, die man da in Betracht zu ziehen hat, betreffen naturgemäss Messungen, welche uns Aufschluss geben können über die innere Energie der Moleküle. Zwar können wir dieselbe an sich nicht ohne weiteres messen, aber die Zunahme, welche sie bei einer Erhöhung der Temperatur des Körpers um 1^0 erfährt, ist ja leicht der Messung zugänglich. Es ist das, was man die spezifische Wärme eines Körpers nennt. Nun lag gerade schon seit langer Zeit ein weit umfassendes Gesetz vor über die Grösse der spezifischen Wärmen der einzelnen chemischen Elemente im festen Zustande. Ich meine das Dulong-Petit'sche Gesetz, welches aussagt, dass Mengen verschiedener Körper, welche sich wie die Atomgewichte derselben verhalten, zur Erhöhung ihrer Temperatur alle den gleichen Betrag an Energie benötigen, aber auch wissen wir schon seit langer Zeit, dass dieses Gesetz nur angenäherte Gültigkeit beanspruchen kann, und dass z. B. Kohlenstoff, Bor und Silicium ausgeprägte Abweichungen von dieser Regel zeigen, so weit man bei gewöhnlicher

[1]) Das universelle Wirkungsquantum hat nach Planck den Wert $6{,}548 \; 10^{-27}$ erg. sec.

Temperatur beobachtet. Bei höherer Temperatur dagegen nähern die spezifischen Wärmen der verschiedenen Elemente sich alle einer bestimmten, für alle Elemente gültigen Grenze. Wenn wir voraussetzen würden, dass jedes einzelne Atom Energie auch in den kleinsten Quanten aufnehmen kann, so sind die Abweichungen vom Dulong-Petit'schen Gesetz vollständig unverständlich. Die Atome unterscheiden sich dann nicht von einander in denjenigen Eigenschaften, welche für ihre Energieaufnahme in Betracht kommen, und so müsste man schliessen, auf Grund der statistischen Mechanik, dass das Dulong-Petit'sche Gesetz in seiner strengsten Fassung vollständige Gültigkeit haben müsse. Nimmt man dagegen einmal die Existenz von Energiequanten an, deren Grösse erst bedingt wird durch die Eigenschaften des Atoms, speziell durch die Festigkeit, mit der es in seiner Lage festgehalten wird, welche ja die Schwingungszahl bestimmt, mit der es um seine Ruhelage schwingen kann, so sind wie in der Strahlung die Energiequanten verschiedener Elemente verschieden. Von diesem Standpunkte aus haben die Abweichungen vom Dulong-Petit'schen Gesetz dann nichts befremdendes mehr an sich. Am besten geht das aus der vorher gezeichneten Kurve hervor. Ebenso wie sie früher die Energie der Strahlung mass, kann ich ihre Ordinaten jetzt betrachten als Mass für die Energie eines Atoms. Die spezifische Wärme, welche definiert ist durch die Änderung dieser Energie, dividiert durch die zugehörige Änderung der Temperatur, erscheint dann in derselben als Tangente der gezeichneten Kurve. Während also nach der ältern Anschauung, der die gerade Linie entspricht, die spezifische Wärme konstant sein müsste für alle Temperaturen, wird sie hingegen nach der auf Grund der Quantenhypothese gezeichneten Kurve nur für hohe Temperaturen konstant, um für niedrige Temperaturen immer kleiner und kleiner zu werden, und schliesslich im Nullpunkt der absoluten Temperatur den Wert Null zu erreichen. Einstein war der erste, welcher auf diese Konsequenz hinwies und alle ältern und neuern Beobachtungen geben ihm Recht. Der Verlauf der spezifischen Wärme als Funktion der Temperatur kann tatsächlich im wesentlichen durch die aus der Quantenhypothese folgenden Kurve dargestellt werden.

Wir haben also zwei feste Erfahrungstatsachen erkannt, welche man sich ohne Annahme der Quantenhypothese nicht erklären kann. Aber damit sind wir noch nicht zu Ende. Einstein wies schon frühzeitig darauf hin, dass die Quantenhypothese auch beim lichtelektrischen Effekt den Schlüssel zur Erklärung liefern dürfte. Lenard beobachtete, dass die Geschwindigkeit der Elektronen, welche durch Bestrahlung mit violettem Licht aus Metallen austreten, vollständig

unabhängig ist von der Intensität des auffallenden Lichtes und dass nur dessen Farbe eine Rolle spielt. Nimmt man an, dass ein Elektron zu seiner Befreiung stets ein Energiequantum beansprucht, so ist die Unabhängigkeit von der Intensität klar. Überdies kann man schliessen, dass die kinetische Energie eines Elektrons ebenso wie die Energie des Energiequantums proportional der Schwingungszahl des Lichtes sein muss, ein Gesetz, was ebenfalls der Hauptsache nach richtig scheint.

Auch damit dürfte nun das Anwendungsgebiet dieser Hypothese nicht abgeschlossen sein. Ich denke vor allen Dingen an das sogenannte dritte Wärmetheorem vom Nerst, welches besagt, wenigstens in der weiteren Fassung, welche ihm von Planck gegeben wurde, dass für alle Körper, ganz unabhängig von ihrer Beschaffenheit, die Entropie im absoluten Nullpunkt einen bestimmten Wert, sagen wir den Wert Null, erhält. Das bedeutet etwa dasselbe, wie die Aussage, die verschiedenen Körper haben Eigenschaften, welche umso weniger von einander verschieden ausfallen, je mehr wir uns dem absoluten Nullpunkt nähern und gerade das ist auf Grund der Elementarquantenhypothese leicht verständlich, denn dort, wo die Energie nur in ganz kleinen Mengen zur Verfügung steht, in der Nähe des absoluten Nullpunktes, da machen die individuellen Unterschiede in der Grösse der Energiequanten keinen Unterschied mehr. Sie werden in der Grenze für die Temperatur gleich Null geradezu unendlich gross gegenüber derjenigen Menge, welche einem Molekül nach der älteren Anschauung zukommen würde.

Noch andere Gebiete, wo das Elementarquantum höchst wahrscheinlich eine führende Rolle zu übernehmen hat, sind z. B. die kinetische Theorie der Magnetisierung, der elektrischen Leitfähigkeit, der Flüssigkeiten. Bei der Magnetisierung beobachtet neuerdings Perrier im Kamerlingh-Onnes'schen Laboratorium bei tieferen Temperaturen Abweichungen von denFormeln, welche Langevin auf Grund der Boltzmann'schen kinetischen Theorien abgeleitet hat. Es scheint mir, dass der einzige Ausweg zur Erklärung von der Elementarquantenhypothese ausgehen muss Die elektrische Leitfähigkeit, welche wir durch Bewegungen der im Metall befindlichen Elektronen erklären, zeigt in der Nähe des absoluten Nullpunktes, wie ebenfalls neuerdings von Kamerlingh-Onnes gefunden wurde, grosse Anomalien, welches man wieder erklären kann durch die Annahme, dass die mittlere kinetische Energie der Elektronen, also auch ihre mittlere Geschwindigkeit bei tiefen Temperaturen eine viel kleinere ist wie die, welche man nach der älteren Theorie erwarten würde. Sie sehen, genau das entsprechende zu dem experimentellen Faktum bei den spezifischen Wärmen. Um schliess-

lich noch die Flüssigkeitstheorie in den Kreis unserer Betrachtungen zu ziehen, bemerke ich, dass man dort findet, dass der Übergang eines Moleküls aus dem flüssigen in den gasförmigen Zustand eine grössere Energie beansprucht, als man nach der älteren kinetischen Theorie erwarten würde, was z. B. neuerdings von Dieterici diskutiert wurde. Vielleicht liefern auch hier die Quanten den Schlüssel zum Verständnis dieser und anderer damit zusammenhängenden, bis jetzt nicht erklärten Beobachtungsresultate.

Übersehen wir nun die Tatsachen, welche ich Ihnen vorführte, so können wir nicht umhin, die Quantenhypothese für eine äusserst zweckentsprechende, ja durchaus notwendige zu halten. Zwar ist sie in den Einzelheiten noch gar nicht klar, ja kann vielleicht im Laufe der Zeit z. B. durch eine stärkere Betonung der Rolle des Wirkungsquantums eine ganz andere Gestalt annehmen, aber jedenfalls ist das sicher, dass sie einen Schritt in der guten Richtung bedeutet und wir berechtigt sind, von der experimentellen und theoretischen Erforschung der Quanten die weitgehendsten Aufschlüsse zu erwarten.

Die Bestimmungen der Avogadroschen Zahl N; die untere Teilungsgrenze der Materie (deren Bedeutung für die Biologie und Medizin).

Vorgetragen in der Hauptversammlung der Naturforschenden Gesellschaft am 12. Juni 1911.

Von

Heinrich Zangger.

Die Frage nach der unteren Grenze der Teilbarkeit der Materie, bis zu welcher die Eigenschaften der Substanz erhalten bleiben, also der Grösse der Moleküle als der kleinst dimensionierten Anteile, durch welche Substanzen bei der Diffusion transportiert werden können und sich wieder zu den ursprünglichen Stoffen vereinigen lassen, ist auch für Biologie und Medizin von grösster Bedeutung. Die Transportvorgänge und Lokalisationen von Substanzen gehen gerade in denjenigen Grössen-Quanten der Substanzen vor sich, die eben noch die Eigenschaften der Ausgangs-Materie haben. Diese Teilchen sind dadurch charakterisiert, dass sie sich von einander vollständig unabhängig bewegen in den Lösungen und dass sie bei der Diffusion als Ganzes ihre Ortsveränderungen durchmachen und unzersetzt in den Organismus eindringen müssen, wenn sie alle für die gelöste Materie charakteristischen Wirkungen haben sollen.

Die Diffusionsvorgänge in lebenden Organismen gehen entweder in Flüssigkeiten vor sich und gehorchen den Gesetzen der Hydrodiffusion oder aber sie gehen vor sich durch die festen colloiden Grenzschichten, die Membranen. Wenn die absolute Grösse der diffundierenden Teile, der Moleküle, bekannt ist, so lässt sich aus den Veränderungen der Diffusion, die durch Membranen und strukturierten festen Colloide bewirkt werden, ein Rückschluss auf die Struktur dieser Colloide ziehen.

Da die Schnelligkeit des Substanztransportes für die Ernährung wie bei pathologischen Vorgängen und den Vergiftungen sehr wichtig, st die Frage nach der Grösse, der absoluten Grösse, für eine quantitative Betrachtung der Lebensvorgänge von ganz prinzipieller Bedeutung.

Die Frage nach der unteren Grenze der Teilbarkeit der Materie, der Grössenordnung der Substanzpartikel, mit denen die wichtigsten Reaktionen vor sich gehen, hat sich wohl jedem in irgend einem Stadium des Lebens aufgedrängt.

Die Gründe für die Existenz derartiger kleinster Teilchen bestimmter absoluter Grösse waren bis vor kurzem so wenig evident, dass sich die meisten mit den relativen Grössenverhältnissen der Chemie zu denken begnügten, mit relativen Grössen gerechnet haben, ohne diese Grösse irgendwie in direkte Beziehung zu setzen mit den bekannten Massgrössen des täglichen Lebens.

Die genau definierbare Grenze der Teilbarkeit wurde bekanntlich von Ostwald und seiner Schule noch vor kurzem geleugnet. Wer das Atom als etwas Reales annahm von bestimmter definierbarer Grösse, der hat noch vor kurzer Zeit sich das mitleidige Belächeln einer grossen Zahl gefallen lassen müssen. Es schien ein Zeichen philosophischer Unzulänglichkeit.

Die kinetische Gastheorie wurde oft als müssige mathematische Spielerei betrachtet, und dass ein Clausius und Helmholtz und ein Boltzmann den quantenhaften Aufbau für die Gase, die Lösungen, die Elektrizität etc. vorausgesehen, wurde nicht allgemein begriffen. Die überzeugende Kraft wurde nicht allgemein empfunden, wohl der Schwierigkeiten wegen, die die Gastheorie bietet.

Jedoch schlossen die Physiker vom Fach schon lange aus der Reibung der Gase, deren Abhängigkeit von Temperatur und Druck, der Diffusion der Gase, der Wärmeleitung auf die Zusammensetzung der Gase aus diskreten Teilchen und damit auf die absolute Grösse der Gasmoleküle (Clausius-Loschmidtsche Zahl). Nur so war ein Zusammenhang der Tatsachen zu begreifen. Aber die bis zur Anschaulichkeit gehende Überzeugung war auf die Physikerkreise beschränkt „es könnte doch auch anders sein!“ und die Bestimmungen der absoluten Grössen waren bis vor kurzem keine sehr genauen (10^{22}—10^{24}) [1]).

Da kam das Ultramicroskop, die sogenannte Brownsche Molekularbewegung drängte sich als Rätsel immer mehr auf und zwar um so mehr, als die Brownsche Molekularbewegung im Gesichtsfeld des Ultramikroskopes oft das auffälligste und aufdringlichste war, so dass man sich einfach mit dieser Bewegung beschäftigen musste.

Wegen der Universalität dieser Bewegung, auch in den Flüssigkeiten, musste ihr eine Bedeutung zukommen, die aber, gestehen wir es

[1]) Erst im Jahr 1910 und 1911 begegnen wir Arbeiten, die in ihrem Titel als Ziel der Arbeit angeben: „Beweise für die Existenz und die Realität der Moleküle. die Brownsche Molekularbewegung und die wahre Existenz der Moleküle“ etc.

offen, in den 100 Jahren, seit sie bekannt, von den Biologen und Medizinern nicht in ihrer gewaltigen theoretischen und praktischen Bedeutung erkannt wurde.

Plötzlich schliessen sich an diese im Innersten rätselhaften Beobachtungen die strengen mathematischen-physikalischen Untersuchungen von Smoluchowsky und Einstein an, die ohne Kenntnis der Brownschen Molekularbewegung die Grösse dieser Bewegungen in Abhängigkeit von der Grösse der Teilchen mit fast absoluter Genauigkeit voraussagten. Sie zeigten, dass die Brownsche Molekularbewegung eine Äusserungsform des (Wärme) Energieinhaltes eines flüssigen Systemes bei einer bestimmten Temperatur sei. Aus dieser Grösse lassen sich nun die absoluten Massen der Einzelteile und die Länge ihrer Wege, die Zahl der Zusammenstösse vorausberechnen.

Alle diese Gedankengänge treffen sich und verlangen die Festsetzung einer möglichst universellen Konstanten auch für die Flüssigkeiten, die den verschiedensten Substanzen gemeinsam wäre. Nach der Gastheorie und nach den Gesetzen der chemischen Substitution ist die Teilbarkeit, resp. die Zahl der Moleküle, in einem Gramm Molekül jedes Gases die gleiche.

Seit der Einführung der Molekular- und Atomtheorie verstand man unter dem Atomgewicht diejenige Masse eines chemischen Elementes, welche einem Gramm dissozierten Wasserstoffs chemisch äquivalent ist. Diese Masse bezeichnet man auch als Grammatom. Bei Molekülen spricht man in analogem Sinn von Gramm-Molekülen.

Die Zahl, durch welche man gewöhnlich die absolute Grösse des Atoms und Moleküls charakterisiert, ist diejenige Zahl N, welche angibt, wie viel wirkliche Moleküle in einem Gramm-Molekül enthalten sind[1]).

Es soll nun im folgenden nachgewiesen werden auf Grund der neuesten Untersuchungen, dass die Zahl N hauptsächlich auf Grund von dynamischen und statistischen Betrachtungen auch für **Flüssigkeiten** universelle Bedeutung hat und auf prinzipiell ganz verschiedenen Wegen mit überraschender Genauigkeit festgestellt wurde, resp. sich zwingend ergibt.

Ferner soll demonstriert werden, dass diese Zahl N als charakteristisch für die Teilungsmöglichkeit von bestimmten Substanzmengen uns eine grosse Zahl allgemeinster Erfahrungstatsachen wie auch isolierte „Naturwunder" erklärt und in absolut zwingenden Zusammenhang bringt. Es sei vorweggenommen: die ungleiche Art der Giftwirkungen, ebenso die Wirkung von Milligrammen von Geruchstoffen auf Kilometer-Distanz etc., daneben gibt sie uns übersichtliche quantitative Zusammenhänge zwischen Konzentration, Temperatur, osmo-

[1]) Meldrum, A. The development of the atomic theory (Dalton's Physical Atomic Theory). Proc. Manchester Soc. **55**, part II, 1910/11, p. 1.

tischem Druck, den Membranfunktionen und den direkt aus der Beobachtung der Brownschen Molekularbewegung, der Viskositätsmessung, der Opaleszenz (Smoluchowsky und Einstein) und der Strahlungsformel (Planck) sich ergebenden Grössen.

Die Wege, die zu einer Bestimmung der Grösse der kleinsten Teilchen führen, sind also sehr verschiedener Art. Vor 5 Jahren habe ich in der Naturforschenden Gesellschaft darüber vorgetragen, wie ich zu einer annähernden Veranschaulichung der unteren Grenze gelangte. Eine Methodik, die absoluten Teilchengrössen in allen drei Dimensionen zu bestimmen, war mir damals unzugänglich.

Diese untere Grenze der Grössen, bis zu welcher die Gesetze der Mechanik gelten (in irgend einer Form angenähert), anschauungsmässig und experimentell fassbar zu machen, schien mir in erster Annäherung so möglich zu sein, dass man sich auf die Feststellung einer Dimension beschränkt. Das Problem, solche dünnsten Schichten zu realisieren, die in einer Dimension sich den Molekulardurchmessern nähern, war das Ausgangsproblem zu meinen Vorarbeiten „Über die Membranen und die Membran-Funktionen".

Anschauliche Ableitung der absoluten Grösse.

Bei meinen Untersuchungen (über Membranen und Membranfunktionen) stellte ich mir folglich die Frage, wie dick eine Schicht sein müsse, um die Austauschverhältnisse zwischen zwei Lösungen in für diese Schicht charakteristischer Weise zu verändern. Mit andern Worten: unter was für Bedingungen eine kontinuierliche, den grob-mechanischen Austausch hemmende Schicht zustande komme. Mit der Festlegung der geringsten Schichtdicke musste man zu einem Mass gelangen, das in der Grössenordnung der Moleküldimension nahekommen musste. Jedoch war selbstverständlich die wirkliche Moleküldimension wahrscheinlich geringer als die so gefundene Schichtdicke. (Durch Aufgiessen von Öl, das sich in dünner Schicht auf der Wasseroberfläche ausbreitet, konnte festgestellt werden und war schon lange gezeigt worden, dass diese materiellen Schichten, die bereits nicht mehr die Newtonschen Farbenringe zeigen, eine Ausdehnung von 10—20 Millionstel Millimeter haben.) [Literatur: Membranarbeit.] 1906, 1907, 1908 diese Zeitschrift.

Eine Reihe von andern Untersuchungen, hauptsächlich an Elektroden, zeigten, dass Belegschichten von Metallen, die unter einem Millionstel Millimeter liegen, schon die Kontakteigentümlichkeiten in charakteristischer Art plötzlich ändern (Königsberger, Müller).

Auf diese Weise ist wohl für das Anschaulichkeitsbedürfnis der Nicht-Mathematiker, speziell der Mediziner, der über-

zeugende Beweis geliefert, dass die untere Grenze der Teilbarkeit in diesen Grössen liegt, zumal gegenüber den verschiedensten Phänomenen bei dieser Schichtdicke ganz plötzlich eine typische Veränderung der Eigenschaften der Grenzflächen auftritt, die dauernd charakteristisch sind für die schichtbildende Substanz.

Frühere Ableitungen: Die ursprünglichsten Ableitungen, welche auf die Grösse und Zahl der Gasteilchen einen Rückschluss gestatteten, waren die Untersuchungen über Wärmeleitung und innere Reibung der Gase, die mit der Hypothese rechneten, dass die Gasmoleküle als elastische Massenpunkte (Kugeln) betrachtet werden dürfen.

Die Wärmeleitung in Gasen war am verständlichsten durch die Annahme, dass die einzelnen Teilchen von dem Gebiet höherer Temperatur zu dem Gebiet niederer Temperatur eine bestimmte Menge Wärme-Energie mitbringen, und dass umgekehrt gleichviel Gasmoleküle kleineren Wärmegehaltes nach den wärmeren Zonen sich bewegen.

Etwas anschaulicher, exakter verfolgbar und beweisender für die Annahme diskreter Teilchen sind die Vorgänge bei der inneren Reibung der Gase: Wenn wir einmal annehmen, dass ein Gas aus diskreten gleichgrossen elastischen Teilchen bestehe, die sich der Temperatur entsprechend im Raum frei bewegen, so folgt aus der Annahme, dass sich gleichartige Teilchen treffen, zusammenstossen und wieder auseinanderfliegen. Wenn wir zwischen zwei parallelen Platten, von denen die eine festgehalten, die andere bewegt wird, eine Gasschicht haben, werden wir eine bestimmte Arbeit aufwenden müssen, um die nicht bewegte Platte festzuhalten. Wenn sehr viele Gasteilchen vorhanden sind, werden sie meistens mit ihresgleichen zusammenstossen, und nur ein relativ kleiner Teil der Zusammenstösse erfolgt mit der Wand. Bei diesen Zusammenstössen mit der Wand geht ein Teil der Wucht der Vorwärtsbewegungen der bewegten Platte auf die festgehaltene Platte über.

Wenn das Gas verdünnter wird, werden die Weglängen der einzelnen Teilchen von einem Zusammenstoss zum andern grösser, und die Zahl der Zusammenstösse mit der Wand werden relativ viel häufiger als die Zusammenstösse im Innern.

Dieser Schluss, der eine direkte Folge der Annahme diskreter, gleichgrosser Teilchen in den Gasen ist, führt zur Konsequenz, dass die innere Reibung bei den Gasen nicht der Konzentration proportional gehen kann, sogar von ihr unabhängig ist. Das Experiment bestätigt nun, dass die Viskosität der Gase in erster Linie abhängig ist von der Gasart und fast unabhängig von der Konzentration des Gases und dass die Viskosität mit der Temperatur steigt. Die Annahme der molekularen Struktur der Gase steht also mit den Erfahrungstatsachen im Einklang und umfasst sie.

Nachdem Helmholtz auch für die Elektrizität diskrete Teilchen vorausgesehen, hat J. J. Thomson mit folgendem Experimente die Grössenordnung des elektrischen Elementarquantums direkt experimentell bestimmt. Auf Grund der Erkenntnis, dass speziell Jonen in gesättigtem Wasserdampf Wasser auf sich kondensieren, hat Thomson einen ruhigen Dampfraum gerade übersättigt. Da sich um jedes Jon (negative Jon) ein Tröpfchen bildet, und da weiter im gesättigten Dampf alle Jonen unter gleichen Bedingungen sind, so werden die Tröpfchen gleichgross.

Infolge der Schwere sinkt diese Wolke; nach der Stokesschen Formel über fallende Kugeln konnte Thomson den Radius dieser Tröpfchen und damit die Zahl derselben aus der Gesamtmasse der Wolke berechnen. Durch statische Messung

der durch die gesamte Wolke mitgeführten Elektrizitätsmenge, die er durch die Zahl der Teilchen dividierte, bekam er für das elektrische Elementarquantum den Wert $3{,}0 \cdot 10^{-10}$ elektrostatische Einheiten.

Diese Untersuchungen wurden mit andern Experimentalbedingungen (mit Mikroskop- und Fernröhrenbeobachtung von Einzelteilchen) von Wilson, Ehrenhaft, Regener, Przibram und in der letzten Zeit von Millikan wieder aufgenommen.

Millikan beobachtet in ultramikroskopischer Beleuchtung unter Ausschaltung der Wärmestrahlen ein bestimmtes Objekt, Öltröpfchen, Stäubchen, das er in absoluter Ruhe einmal der Wirkung der Schwerkraft überlässt und so aus der Fallhöhe den Radius und damit die Beweglichkeit bestimmt. Nachher legt er ein elektrisches Feld an von bestimmter Stärke, in dem das Stäubchen langsam steigt infolge seiner elektrischen Ladung. Daraus berechnet er ebenfalls die auf einem Teilchen sitzende Ladung. Er beobachtet dann, dass hie und da die Schnelligkeit im elektrischen Feld sich plötzlich vermehrt, eventuell verdoppelt, so dass in diesem Experiment direkt die Aufladung nach bestimmten und zwar immer gleichgrossen Quanten beobachtet, resp. berechnet werden kann.[1]

Für Flüssigkeiten haben The. Svedberg u. a. auf Grund der Erfahrung über Lichtabsorption und Rayleigh auf Grund der Lichtzerstreuung durch mikroheterogene Gebilde folgende Schlüsse gezogen: Die Lichtabsorption, hauptsächlich des kleinwelligen Lichtes, steigt, sobald sich z. B. in einer klaren Flüssigkeit (Lösung) Aggregate bilden. Durch Verfolgen des zeitlichen Verlaufes dieses Vorganges von der vollständigen Homogenität an über das Auftreten vermehrter Absorption, das Auftreten der Opaleszenz bis zum Auftreten der ultramikroskopisch und mikroskopisch sichtbaren Zusammenballungen fester Teilchen macht es unmittelbar anschaulich und begreiflich, dass an der Lichtabsorption eine Gesamtwirkung bestimmter immer grösser werdender Teilchen zum Ausdruck kommt. Wenn auch mit dieser Methode noch weniger als mit der Viskosität eine Ausscheidung von Einzelvorgängen möglich ist, so ist sie für die Anschaulichkeit der Übergänge von Grössenordnung zu Grössenordnung wichtig.

Die absolute Grössenbestimmung der Zahl N, also der in einem Gramm-Molekül enthaltenen Einzelmoleküle, die sich als solche in den Gasen und den vollständigen Lösungen von einander unabhängig und isoliert bewegen, haben in erster Linie nach ganz verschiedenen Methoden Clausius, Lohschmidt u. a. und neuerdings Einstein und Planck wieder berechnet.

Die experimentellen Untersuchungen haben für diese Zahl in wunderbarer Übereinstimmung ergeben 6,2—7,5 mal 10^{23} (Mauer: Luft 10^{22}—10^{24} Compt. rend. Ac. Sciences Paris 1911).

Die Ableitungen von Einstein bringen verschiedene direkt beobachtbare Grössen von Flüssigkeitssystemen mit einander in Beziehung: Einmal den Diffusionskoeffizienten mit der Stokesschen Formel und damit die verschiedenen Potenzen des Molekülradius. Indem bei den Untersuchungen über Viskosität die erste und dritte Potenz auftritt, zusammen mit der Zahl N, währenddem bei der Diffusion

[1] Dass auch der Magnetismus in genau definierbaren Quanten vorliegt, darüber wird Ihnen ja der Entdecker dieser Quanten, Prof. Pierre Weiss, vortragen.

nur die erste, resp. erste und zweite Potenz auftritt, ist der Radius zu berechnen.

Bei der Untersuchung über Opaleszenz tritt als Voraussetzung die kinetische Energie des Einzelteilchens auf, also $\frac{RT}{N}$, wo R die universelle Gas-Konstante 8,31 mal 10^7, T die absolute Temperatur, N die Zahl der Moleküle im Gramm-Moleküle bedeutet.

Wenn die Zahl N eine so universelle Konstante ist, die sich in den verschiedenartigsten Erscheinungen wiederfindet, wie der Viskosität, der Brownschen Molekularbewegung, der Diffusion und dem osmotischen Druck, der Lichtabsorption und der Lichtzerstreuung und der Strahlung im allgemeinen, so haben wir unmittelbar den Beweis für die Wichtigkeit vor uns. Denn es ist uns ja allen bekannt, dass gerade diese Faktoren das Wesentliche der Lebensprozesse umfassen und dass sie eine der Grundlagen, die Voraussetzungen der verschiedensten Erscheinungen sind.

Die Zahl N, die unmittelbar aus der Molekulartheorie der Wärme ihren Sinn, ihre vorstellungsmässige und logische Existenz bekommen hat, tritt in Flüssigkeiten in erster Linie auf in den Beziehungen der Brownschen Molekularbewegung einerseits zu dem Diffusionskoeffizienten, der Konzentration und Temperatur und dem aus der Stokesschen Formel sich ableitenden Widerstand gegen die lineare Bewegung einer Kugel in einer Flüssigkeit, sobald die Kugel relativ gross ist in bezug auf die freie Weglänge der Moleküle.

Nach Einstein gelten folgende Beziehungen: Wenn wir in einem Zylinder von Querschnitt 1 eine Diffusion sich entwickeln lassen bei der Anfangskonzentration η und wir nehmen die Druckdifferenz in einem kleinen Abstand zu Hülfe (Δp vom osmotischen Druck, der auf die in der Volumeneinheit gelöste Substanz ausgeübt wird), so haben wir folgende Bedingungen:

$$p = R\,T\,\eta \qquad (\eta = \text{Conc. in Gramm-Molekülen}).$$

Wir haben also die Druckgleichung für die Gase, nach Van t'Hoff für die Lösungen

$$\Delta p = R\,T \cdot \left(\frac{\partial \eta}{\partial x}\right) \qquad \left(\frac{\partial \eta}{\partial x} = \text{Gefälle}\right)\cdot$$

Die Kraft K, die auf ein Teilchen (= ein Molekül) treibend wirkt, ist dann folgende

$$K = \frac{\Delta p}{\eta N}\cdot$$

Die Schnelligkeit v, mit der sich im Durchschnitt die Teilchen bewegen, ist somit nach Stokes

$$v = \frac{\varDelta p}{\eta N} \cdot \frac{1}{6 \pi K P},$$

wo $K =$ Viskosität,

$P =$ Radius der Kugel, resp. des Moleküls.

Der Gesamtfluss, also die diffundierte Menge in Gramm-Molekülen

$$f = \eta v = \eta \frac{\varDelta p}{\eta N} \cdot \frac{1}{6 \pi K P} = \frac{R T}{N . 6 \pi K P} \cdot \left(\frac{\partial \eta}{\partial \chi}\right),$$

wobei der erste Teil der Gleichung dem Diffusionskoeffizienten (D) entspricht. Wenn wir zwei ungleiche Konzentrationen haben (η' und η''), von denen bekannt ist, mit welcher Kraft sich die Substanz zu verschieben strebt und wenn auch die Hindernisse bekannt sind, ist der Weg in der Zeiteinheit gegeben. Man kann die Diffusion nun auch auf einem prinzipiell ganz andern Weg betrachten: Nämlich als die Folge des planlosen Umherirrens der gelösten Moleküle. Nehmen wir an, dass die Moleküle in der Zeit τ den Weg $\varDelta$ in der Richtung der x ausführen und zwar nach beiden Richtungen gleich. Dann wird in der Zeit τ die durch den Querschnitt diffundierte Menge $f \tau$ gleich dem Überschuss derjenigen Teilchen sein, die der Konzentrationsdifferenz zwischen beiden Seiten entspricht, nach obigen Definitionen

$$\frac{1}{2} \varDelta \eta' - \frac{1}{2} \varDelta \eta'' = \Bigg\| f \tau = \frac{1}{2} \varDelta (\eta' - \eta'') \Bigg\| \eta'' = \eta' + \frac{\partial \eta'}{\partial x} \varDelta$$

$$f \tau = \frac{1}{2} \varDelta + \frac{\partial \eta'}{\partial x} \varDelta$$

$$f = \frac{1}{2} \frac{\overline{\varDelta}^2}{\tau} \left(\frac{\partial \eta'}{\partial x}\right)$$

$\overline{\varDelta}^2$ (entspricht dem Quadrat der mikroskopisch beobachtbaren Brownschen Molekularbewegung).

$$D = \frac{1}{2} \frac{\varDelta^2}{\tau}, \quad \text{wenn } D = D \text{ oben}$$

$$\overline{\varDelta}^2 = 2 \tau \frac{R T}{N} \cdot \frac{1}{6 \pi K P}$$

$$\overline{\varDelta}^2 = \frac{R T}{N} \cdot \frac{1}{3 \pi K P} \tau .$$

Es ist ferner eine Ableitung von N möglich aus der Messung der Viskosität von Lösungen, bei denen das Molekül des gelösten Stoffes gegenüber dem Molekül des Lösungsmittels gross ist. (Einstein.) Wir haben nach Einstein

$$\varphi = \eta \cdot N \frac{4}{3} \pi P^3 \Bigg\| \frac{K}{K_0} = 1 + 2{,}5 \varphi = 1 + 3{,}2 \pi \eta N P^3$$

$$N P^3 = \frac{1}{3{,}2 \pi \eta} \cdot \frac{K - K_0}{K} .$$

Aus dieser Gleichung geht hervor, dass N unabhängig ist von der Art des Lösungsmittels, von der Temperatur und vom Druck.

Aus den früheren Gleichungen ergibt sich für NP

$$NP = \frac{RT}{6\pi K} \cdot \frac{1}{D} \qquad \left(D = \frac{RT}{6\pi K} \cdot \frac{1}{NP}\right).$$

Daraus kann man nun sowohl N wie P berechnen (K = Viskosität).

Nach den vorliegenden Daten über Zuckerlösungen wird N etwa 6,3 mal 10^{23}.

Aus den Opaleszenz-Erscheinungen der Zerstreuung von Licht in übersättigten Lösungen und in der Nähe des kritischen Punktes ergibt sich nach Keesom auf Grund von Rayleighschen Ableitungen und nach direkten Entwicklungen von Smoluchowski und Einstein, dass folgende Beziehungen gelten:

$$\frac{J_{\text{opal.}}}{J_{\text{erregend}}} = \frac{RT}{N} \cdot \frac{v\left(\frac{\partial \varepsilon^{n^2}}{\partial v}\right)^2}{\frac{\partial^2 \psi}{\partial v^2}} \left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)^4 \frac{\Phi}{(4\pi D)^2} \cos^2 \varphi$$

n^2 = Brechungsexponent, ψ = Arbeit um die Masseneinheit, um das Volumen v zu vergrössern, v = Volumeneinheit, λ = Wellenlänge, Φ = bestrahltes Volumen, D = Entfernung der Beobachtung von Φ.

Diese direkt beobachtbaren Erscheinungen entsprechen vollständig den molekulartheoretischen Voraussetzungen, in dem nach den Gesetzen der Wahrscheinlichkeit durch die den Einzel-Molekülen zukommenden Energien lokalisierte Unegalitäten der Verteilung zustande kommen müssen und damit ungleiche Dichten. Die Funktion, die nach dem vorhergehenden die Energie des Einzel-Moleküls charakterisiert, ist $\frac{RT}{N}$.

Eine weitere, ganz unabhängige Ableitung der Zahl N ergibt sich aus der empirisch bestätigten Strahlungsformel von Planck. Die Strahlungsdichte ϱ setzt sich folgendermassen zusammen:

$$\varrho = \left(\frac{8\pi\nu^3 h}{c^3} \cdot \frac{1\,(h\nu}{e^{\frac{h\nu}{K T}} - 1}\right) \Bigg\| \left(K = \frac{R}{N}\right)$$

ν = Frequenz, h = Konstante, c = Lichtgeschwindigkeit, e = bas log nat.

Die Zahl, die sich aus dieser Formel für N ergibt, ist 6,2 mal 10^{23}. Eine Übereinstimmung, die bei der Ungleichheit der Wege der Herleitung die allgemeine Bedeutung der Zahl garantiert.

Es sind in der letzten Zeit, hauptsächlich von Perrin, Untersuchungen angestellt worden, die sich zum Ziele setzten, verschiedene Faktoren an einem und demselben System festzulegen, die nach den Relationen der Einsteinschen Formeln sich gegenseitig bedingen müssen, und die durch die Zahl N miteinander verknüpft sind. Diese Faktoren liessen sich durch mikroskopische Beobachtung der Brownschen Molekular-Bewegung, der Absetzung von Suspensionen

zahlenmässig feststellen. Aus verschiedenen Untersuchungen ergab sich die Zahl 6,9 bis 7,1 mal 10^{23}.

In der letzten Zeit haben wir aus anderen Gründen in meinem Institut Untersuchungen fortgesetzt auf Grund der Einsteinschen Angaben, die mit einer neuen Versuchsanordnung gestatteten, eine bis jetzt nicht beachtete neue Beziehung aufzustellen.

Wenn wir Quecksilber in kleinsten Körnchen suspendierten, die gerade mikroskopisch noch leicht sichtbar waren, so konnten wir aus der Fallschnelligkeit, dem Verhältnis der spezifischen Gewichte, der Viskosität des Wassers bei der betreffenden Temperatur auf den Radius der Teilchen schliessen, insofern wir die Stockessche Formel für den Widerstand einer fallenden (flüssigen) Kugel kombinierten mit den Formeln für die Widerstandserhöhung durch feste zylindrische oder parallele Wände (vergl. Diss. Böhi). Während der Beobachtung der Fallgeschwindigkeit im Mikroskop kann man nun auch die Brownsche Molekularbewegung verfolgen in bezug auf die Querausschläge, resp. Horizontalausschläge, ebenso die Zeitdifferenzen, die sich für die gleichen Steighöhen ergeben. Die durchschnittlichen Differenzen von je einer Reihe von Ablesungen in gleichen Zwischenräumen ergab den weiteren für die Berechnung von N nötigen Faktor. (Versuchsanordnung und Berechnung vergl. folgende Arbeit).

τ	Δ^2	P	N unreduziert	N reduziert
3,4	$3{,}92 \cdot 10^{-8}$	$2{,}72 \cdot 10^{-5}$	$7{,}4 \cdot 10^{23}$	$7{,}92 \cdot 10^{23}$
2,25	$1{,}88 \cdot 10^{-8}$	$3{,}30 \cdot 10^{-5}$	$6{,}92 \cdot 10^{23}$	$6{,}73 \cdot 10^{23}$

Die näheren Angaben über diese mit einfachen Mitteln durchzuführende Untersuchung vergl. Böhi, Gerichtlich-med. Diss. Zürich 1911.

In diesen Ableitungen sind, soweit wir heute sehen können, nach der experimentellen wie der theoretischen Seite vollständig sichere quantitative Beziehungen zwischen sicher feststellbaren Grössen Radius, Weglängen, Viskosität, Temperatur und den experimentel als Durchschnittswerte der molekularen Bewegungen auftretenden Vorgängen der Diffusion, des osmotischen Druckes etc. festgestellt. Zusammen mit den Gesetzen über die Energieverteilung beim thermodynamischen Gleichgewichte, der statistischen Mechanik und weiter der Entropie und Wahrscheinlichkeit bekommen die Gebilde der durch die Zahl N charakterisierten Grössenordnungen, hauptsächlich weil sie Träger aller von der Temperatur abhängigen Kräfte sind, individuelle Realität.

Diese Realitäten können wir, wenn auch nicht streng, so doch anschaulich ableiten (Perrin). Wenn wir eine kleinste Körper enthaltende Flüssigkeit in ein Glas giessen, so scheint die Flüssigkeit sehr schnell ruhig zu werden, sieht man aber dann nach den Stäubchen, so bewegen sie sich immer noch meist ganz ungeordnet. Eines wird sofort klar, die gerichtete Bewegung des Einfliessens wandelt sich immer in eine ungerichtete um. Die Bewegung wird ungeordnet, alle Bewegungen sind gleichwertig und unabhängig. Untersuchen wir mit dem Mikroskop, so sehen wir, dass die ungeordnete Bewegung immer ausgesprochener wird, je kleiner die noch beobachtbaren Teile sind. Hat nun dieses Kleinerwerden der Teilchen, die Sitz von Bewegungsenergien sind, die zuletzt nur der Temperatur entsprechen, ihre Grenzen? Was müsste der Effekt sein, wenn die Teilchen unendlich klein werden könnten?

Mit dem Mikroskop beobachten wir die Bewegung von Teilchen, die 10000 bis 10 Millionen mal kleiner sind der Masse nach, als die von Auge sichtbaren Körnchen. Wir sehen ferner, dass die Vorgänge sich immer wiederholen, sich immer gleichbleiben, die Bewegung ist nur eine Funktion der Temperatur. Sie konsumiert sich nicht durch innere Reibung. Da die Bewegungen unter sich einem Gleichgewicht zustreben, wo alle Bewegungen gleichwertig und reversibel und wo gleichzeitig jedes Teilchen im Durchschnitt eine bestimmte Energie hat, so muss ja ausgeschlossen sein, dass die Teilchen unendlich klein werden, da die Mittelwerte endliche Grössen haben. Weitaus der grösste Teil der Masse muss aus berechenbar grossen Teilchen bestehen. Denn wenn die Teilchen, die wir noch sehen, dauernde, nur von der Temperatur abhängige Bewegungen ausführen, so kann das nur ein Ausdruck dafür sein, dass die kleinsten Teile, die Moleküle der Flüssigkeit, diese Energie ebenfalls dauernd haben und zwar als Bewegungsenergie $\frac{(Mv^2)}{2}$.

Wenn wir ferner suspendierte Teilchen annehmen und wir diese Teilchen an der Weiterwanderung hindern, so erfährt die hindernde Wand einen Druck. Dieser Druck entspricht dem messbaren osmotischen Druck.

Quantitativ können wir diese Verhältnisse nur einsehen dadurch, dass die Brownsche Bewegung und die Diffusion prinzipiell dieselben Vorgänge sind.

Die Brownsche Bewegung ist zu verstehen als ein dynamisches Modell der Molekular-Bewegung mit genau denselben Gesetzmässigkeiten. Darin liegt der logische Grund für die Unmöglichkeit einer unendlichen Teilbarkeit und der Grund für die Zuverlässigkeit der berechenbaren absoluten Grösse der Teilchen in Beziehung zu den gewohnten Grössen.

Wenn wir die grosse Bedeutung der unteren Teilungsgrenze der Materie und damit im direktesten Zusammenhang die Avogadrosche Zahl N und den Moleküldurchmesser erkannt haben, so dass heute das Bedürfnis nach quantitativem Denken mit den gelösten Molekülen eine reelle Grundlage hat, so können wir uns weiter fragen, welche andern Erfahrungen und biologisch wichtigen Gesetze

lassen sich mit Hülfe dieser neuen Konstanten nun ebenfalls quantitativ verfolgen.

In erster Linie ist es der **osmotische Druck**, der als eine ganz allgemeine Eigenschaft von flüssigen Systemen auftritt, in denen eine Anzahl von Molekülen oder Molekül-Verbindungen sich gegenüber dem Lösungsmittel auszeichnen.[1]) Die Differenzen dieser ausgezeichneten Moleküle kommen jedoch nur dann osmotisch zur Geltung, wenn sie sich in bezug auf die Durchlässigkeit durch Schichten, die für das Lösungsmittel durchgängig sind, von den Molekülen des Lösungsmittels unterscheiden. Oder allgemein gesprochen: Wenn man versucht, den diesen besonderen Molekülen zur Verfügung stehenden Flüssigkeitsraum zu verändern, speziell zu verkleinern. (Gefrierpunktsdepression, Siedepunktserhöhung, Herabsetzung der Dampfspannung.)

Die Abhängigkeit des osmotischen Druckes von der Temperatur und den gelösten Massen (also der Anzahl der vorhandenen Einzelteile), hat durch die Untersuchungen von Smoluchowsky, Einstein und Perrin eine ganz neue Bedeutung erhalten, eben weil speziell Einstein eine Gruppe von Kardinal-Phänomenen auf ein tiefer liegendes Prinzip: Die statistische Mechanik der Lösungen, die Molekular-Theorie der Wärme zurückführt unter Benutzung des Wahrscheinlichkeits-Entropiebegriffes von Boltzmann, also auf Grund der abzählbaren Einzelteilchen, die sich unabhängig bewegen, und der Thermodynamik.

Die biologische Bedeutung des osmotischen Druckes besteht darin, dass der osmotische Druck die Grössenverhältnisse der Zellen bedingt, unter normalen Verhältnissen auch einen wesentlichen Teil der Beziehungen der Zellen zu einander. Die Bedeutung der quantitativ bestimmbaren Funktion der Aufteilung der Materie, also der Zahl N, ist für dieses Gebiet evident.

Nach der heutigen sehr durchsichtigen Molekulartheorie der Wärme, resp. der Auffassung der Wärme als eines molekular ungeordneten Bewegungsvorganges, der nur beherrscht wird von den Prinzipien der Wahrscheinlichkeit wird zum Beispiel auch der Zusammen-

---

[1]) Der osmotische Druck ist bestimmt durch die gesamten in einem bestimmten Raum vorhandenen, frei beweglichen Teile mit durchschnittlich gleichem Energieinhalt, die sich unterscheiden von der Zwischenmasse, speziell in bezug auf die Durchlässigkeit resp. die Lösungsfähigkeit in den begrenzenden Wänden; und zwar sollen sie sich darin unterscheiden, dass sie nicht oder anders durchlässig sind, als die Moleküle des Lösungsmittels. Wie auch die Teilchen beiderseits beschaffen seien, wenn die gelösten Teile nur nicht durchtreten können, so besteht eine Eigenschaft des Systems, die eine Funktion der Temperatur und der vorhandenen Teilchenzahl ist, der osmotische Druck.

hang der Konzentration und der Temperatur mit der Diffusion vollständig übersichtlich.

Denn die Erfahrungstatsache, dass Bewegungsenergien in den einzelnen Teilchen existieren und zwar parallel der Temperatur, als Ausdruck der Temperatur, leitet direkt über zu der Frage nach der Bewegung der Substanz in der **Diffusion**, die ja die Voraussetzung sehr vieler, fast aller Lebens-, das Leben bedingender Austauschvorgänge ist.

Denn die Resorption ist im wesentlichen eine Diffusion, bezieht ihre Energie von den gleichen Bewegungen wie die Brown'sche Molekularbewegung und ist in ihrem räumlichen Effekt nur beeinflusst von den verschiedenen Grenzschichten, den Membranen etc., die elektive Hemmungen oder Umlagerungen bedingen. Die Diffusion geht auch parallel der Temperatur (absoluten Temperatur), wenn der Einfluss auch 10—20mal kleiner ist, also in anderer Form von der Temperatur abhängig ist, als die chemische Reaktion.

Die Diffussion ist nach der Molekulartheorie der Wärme, resp. nach der Auffassung der Wärme als eines Molekular ungeordneten Bewegungsvorganges, die durchsichtigste, physiologische Erscheinung überhaupt.

Wir haben nach dem erwähnten einen vollständig anschaulichen Übergang von der unseren Sinnen direkt zugänglichen Mechanik, über die dynamischen Vorgänge, die wir in Flüssigkeiten mit dem Mikroskop und dem Ultramikroskop verfolgen können, zu der Dynamik der Lösungen: Die Zunahme der Weglänge mit dem Kleinerwerden der Partikelchen und der Höhe der Temperatur musste eigentlich eine Extrapolation nach dem, was wir Lösung nennen, wahrscheinlich erscheinen lassen. Durch das Tyndallphänomen und die Centrifugierbarkeit von Lösungen wurden diese Extrapolationen von Lobry de Bruin und Spring u. a. gestützt.

Zwingend wurde der innere Zusammenhang aller dieser Phänomene erst in dem Moment, als Einstein auf Grund des Prinzipes der Energieverteilung auf die unter sich unabhängigen, nur von ihrem Wärmeinhalt bewegten Einzelteilchen, die Verteilung der Vorgänge unter Anwendung des Boltzmann'schen Prinzipes berechnete.

An die Frage über die Bedeutung der kleinsten beweglichen Teile in Flüssigkeiten und Lösungen schliesst sich weiter die neue Frage an: Der Übergang des flüssigen Zustandes in den festen Zustand; wie der Wärmeinhalt sich darstellt im flüssigen System im Gegensatz zum festen System? vor allem: welche Veränderungen in der Bewegung gehen in denjenigen Zuständen der Materie vor

sich, die gerade das lebende Plasma als Colloidzustand charakterisieren, wenn der Wärmeinhalt sich ändert, resp. die Temperatur? Diese Zustände bilden die Übergänge zu den festen Körpern, hier finden wir die Eigenschaften der festen Körper nach und nach auftreten und können sie verfolgen mit den verschiedenen Methoden. Wir können hier mit summarischen Methoden die typischen Eigenschaften der festen Körper nachweisen und mit den optischen mikroskopischen Methoden die Veränderung der dynamischen Einzelvorgänge zählend verfolgen und daraus, so weit die Prinzipien der Wahrscheinlichkeit gelten, diesen Zustand dynamisch charakterisieren mit den Veränderungen der Eigenschaften der Lösung, resp. des flüssigen Systemes.

Die Frage, wie die Brown'sche Bewegung gehemmt werden könne, wurde schon lange untersucht. Es ist auch bekannt, dass durch die Erhöhung der reinen Viskosität (Poisseuille) die Brown'sche Molekularbewegung nicht verschwindet, dass sie aber in dem Moment sehr klein wird, wenn Strukturierungsprozesse im flüssigen Milieu auftreten. Die Molekulartheorie der Wärme bleibt für die festen Massen weiterbestehen. Es ist nun interessant zu verfolgen, dass die Reduktion der Brown'schen Molekularbewegung im organ. Milieu bei verschiedenartigen Partikeln verschieden schnell erfolgt, so dass die einen in festem Material zu liegen scheinen, die andern noch beschränkt frei beweglich sind. Es ist also anzunehmen, dass die einen lichtzerstreuenden Gebilde am festen Material anhaften, die andern noch frei sind, eingeengt in ihrer freien Bewegung durch die festen unter sich netzartig verbundenen Teile (Gelatine, Eiweis, Plasma). Man muss weiter annehmen, dass diese bewegten Teile in einer Art Kanalsystem beschränkte freie Beweglichkeit haben, durch welche die Diffusion noch erfolgen kann und dass die vorwärtsschreitenden Bewegungen reduziert werden nach analogen Gesetzen, wie es H. A. Lorentz für die in einem engen Zylinder fallende Kugel berechnet und Ladenburg verifiziert hat. (Vergl. Diss. Böhi, folgende Arbeiten dieses Heftes.)

Die Lösung, der Zustand des Gelöstseins, ist eine Funktion der Wärme und der Aufteilungskraft des Lösungsmittels gegenüber dem gelösten Stoff. Der Vorgang der Fällung ist dann aufzufassen als ein Übergang zu grösseren Teilchen bei einer Temperatur, bei welcher die auf das einzelne Teilchen entfallende Energie nicht mehr genügt, die Verteilung aufrecht zu halten. (In vielen Fällen spielen elektrische und Oberflächen-Phänomene bei der Fällung mit.)

Die Gesetze der Mechanik, die uns in der Anschauung und im Blute liegen, gelten bis in die vorliegenden Grössen hinein, während weiter

unten andere Faktoren in Funktion treten und in den Vordergrund kommen, über die nur indirekt, wie durch eine Analogie ein Verständnis zu erhalten ist; die Übertragung der statistischen Betrachtung hat also ihre Grenzen.

Für das Verständnis der Verschiebungen der Substanzen in so ausgesprochenen heterogenen Systemen, wie sie das Objekt aller biologischen Untersuchungen sind, kommt in erster Linie die absolute Grösse der Substanzteilchen in Betracht, die bei der Verteilung und Lokalisation transportiert werden. Die Bedeutung dieser absoluten Grösse wird einem erst voll bewusst, wenn man sich vorstellt, dass die quantitative Verteilung der Substanz an die Grenzfläche, also die Anstrukturierung an bereits bestehende organische Formen, ebenfalls in Schichtdicken dieser Grössenordnung vor sich geht. Da eine solche Schicht den Charakter der Grenzfläche ganz ändert, ist auch schon aus diesem Grunde wahrscheinlich, dass die Kräfte der tiefer liegenden Schichten nicht wesentlich über die Zone dieser Schicht hinaus wirksam sind. In der unteren Teilungsgrenze der Materie muss also auch eines der wesentlichsten Rätsel der Substanzanlagerung liegen, die wir als Wachstum kennen.

Die Kenntnis der unteren Teilungsgrenze der Materie auch in flüssigen Systemen, bis zu welcher sich wieder wesentlich identische Gebilde aufbauen lassen, trägt für die Biologie das Verständnis für das Baumaterial in sich und ist die Voraussetzung für ein quantitatives Verstehen des Substanztransportes, der Anlagerung und Formbildung und der Wirkung kleinster Substanzmengen. Dieses Gebiet der Physik (physikal. Chemie) beschäftigt sich mit Gebilden der Grössenordnung (in der räumlichen Ausdehnung), in denen sich die Lebensprozesse abspielen, Ausdehnungen, Grössen, die linear nur hundertmal kleiner sind als die dem Mikroskop erreichbaren Dimensionen.

Also sind hier schon Schlüsse möglich direkt aus der Kombination der Beobachtungen, z. B. dass es vermehrungsfähige Lebewesen gibt mit allen vererbungsfähigen Charakteristika der Art, die nur ca. 10,000 Moleküle enthalten.

Dadurch, dass viele der wichtigen Vorgänge sich auf Grund dieser Grössen quantitativ übersehen lassen, ist die Bedeutung dieser physikalischen Tatsachen auch für die Biologie und Medizin gesichert.

(Versuchsanordnung und Experimente vergleiche folgende Arbeit).

Eine neue Methode der Bestimmung der Avogadroschen Zahl N.

Von

Paul Böhi.

Hiezu Tafel I und II.

Das Prinzip, das der vorliegenden Arbeit zur Bestimmung der Avogadroschen Konstanten zugrunde liegt, besteht in einer Kombination des Stokesschen Gesetzes[1]) mit der Einsteinschen Formel. Wenn eine sehr kleine Kugel etwa von der Grösse von 0,1 — 10 μ unter dem alleinigen Einfluss der Schwere in einem Medium, das sich im Gleichgewicht befindet, und das spezifisch leichter ist als die Kugel, zu Boden fällt, so ist die Gesamtgeschwindigkeit eine gleichförmige; der durchlaufene Weg ist im wesentlichen senkrecht, aber keine gerade Linie, sondern infolge der Brownschen Molekularbewegung eine komplizierte Kurve. Die Abweichungen von der senkrechten Fallinie, die um so grösser sind, je kleiner die Kugel ist, werden bewirkt durch das fortwährende Anprallen der Flüssigkeitsmoleküle an die fallende Kugel, welche ihrerseits eine mittlere kinetische Energie erhält, die nach den Gesetzen der statistischen Mechanik (Boltzmann) gleich dem Durchschnitt der Energie eines Flüssigkeitsmoleküls ist.

Aus dieser mikroskopisch direkt beobachtbaren Abweichung von der geraden Fallinie, aus der Fallzeit, aus dem spezifischen Gewicht, der Viskosität und der Temperatur der Flüssigkeit, ferner aus den mit Hülfe der Stokesschen Regel bestimmbaren Dimensionen der fallenden Kugel haben wir im Institut für gerichtliche Medizin die Konstante N zu berechnen gesucht, unter Anwendung der Einsteinschen Formel, die eine Beziehung liefert zwischen den angegebenen Grössen und der gesuchten Avogadroschen Zahl.[2])

Da es unmöglich ist, sich eine so kleine, starre, vollkommen runde Kugel von gleichmässiger Zusammensetzung und bekanntem spezifischem Gewicht zu beschaffen, verwendeten wir kleine Quecksilbertröpfchen, wobei allerdings die Stokessche Regel, die nur für starre

---

[1]) Stokes, Camb. Phil. Trans. IX. 1850. Math. und Phys. Papers vol. III p. 1.

[2]) Einstein, Annalen der Physik 1905, Ableitung vergleiche Zangger: Vierteljahrschrift der Naturforschenden Gesellschaft 1911.

Kugeln Gültigkeit hat, eine kleine Modifikation erfährt, welche aber nach den Arbeiten von Rybczinsky genau berücksichtigt werden kann. Deforme Körper (Doppelkörper) beeinflussen das Resultat ganz unberechenbar aber sehr stark.

Somit sind alle Daten mit den einfachen Mitteln eines horizontalen Mikroskopes mit Okularnetzmikrometer und einer Thoma-Zeissschen Zählkammer einwandfrei bekannt und eine Berechnung der Zahl N auf Grund einer grössern Zahl von Beobachtungen möglich, die einen Durchschnittswert zu bilden erlauben.

Versuchsanordnung.

Auf einem mit dem Tubus horizontal gestellten Zeissmikroskop, dessen Objektiv die Appertur 0,5, dessen Tubuslänge 160 mm beträgt, und das mit einem Okularnetzmikrometer mit verschiebbarer Augenlinse (Okular 2) versehen ist, wird an den senkrecht gestellten horizontal und vertikal durch Mikrometerschrauben verschiebbaren Messtisch eine Thoma-Zeissche Zählkammer, wie sie zur Blutkörperchenzählung verwendet wird, angebracht. Zur Kontrolle, ob die planparallele Schicht, die der Boden der Zählkammer und das sie bedeckende 0,18 mm dicke Deckglas einschliesst, wirklich vertikal gestellt sei, wird in einem Abstand von einigen Metern ein Punkt bestimmt, der genau die gleiche Höhe hat, wie die Mitte des Objektträgers der Zählkammer; indem man nun an diesen fernen Punkt ein Licht bringt, kann man sich überzeugen, dass das durch den Objektträger entstandene Spiegelbild, also die Mitte des Objektträgers und das Licht selbst in einer Horizontalen liegen. Damit kann mit sehr grosser Genauigkeit die Senkrechtstellung der Zählkammer bewirkt werden.

Die Entfernung des Bodens der Zählkammer von der Unterfläche des Deckglases beträgt 0,1 mm; auf dem Boden befindet sich eine quadratische Netzteilung; die Seitenlänge eines jeden Quadrates beträgt $^1/_{20}$ mm.

Bei oben angegebenem Objektiv und Okular decken sich die Netzteile des Okulars und der Zählplatte, wie in Fig. 2 ersichtlich ist; (die stark ausgezogenen Geraden entsprechen der Einteilung in der Zählkammer, die schwach gezeichneten denjenigen im Okular).

Zur Ausführung des Experimentes werden einige cm^3 reinen Quecksilbers in einer starken Flasche mit ca. 30 cm^3 destillierten Wassers kräftig geschüttelt; von der so erhaltenen grauschwarzen Emulsion wird mit einer Pipette ein Tropfen auf ein mit Salzsäurealkohol gereinigtes Deckgläschen gebracht. und dasselbe unter sorgfältiger Vermeidung des Eindringens von Flüssigkeit zwischen Deck-

glas und äusserer Platte der Zählkammer auf dieser in senkrechter Stellung fixiert.

Nachdem man sich überzeugt hat, dass in der Zählkammer keine kapillaren Strömungen stattfinden, beginnt man mit der Ablesung. Zuerst sucht man sich aus den zahlreichen, durch das Gesichtsfeld aufsteigenden Quecksilbertröpfchen ein möglichst kleines und rundes aus; es finden sich nämlich häufig unregelmässige Formen, oder zwei und mehrere Tröpfchen durch Kohäsion mit einander vereinigt.

Die aufsteigende Bewegung (umgekehrtes Bild) eines derartigen Quecksilberpartikelchens ist nun nicht eine gleichförmige, sondern bald tritt für einige Momente eine Geschwindigkeitszunahme in der Richtung der Y-Achse ein, bald scheint das Tröpfchen stillzustehen oder nimmt sogar eine entgegengesetzte Bewegung an, bald kann eine Abweichung im Sinne der positiven, bald im Sinne der negativen X-Achse beobachtet werden. Vergl. auch Fig. 2, wo der von einem Quecksilbertröpfchen durchlaufene Weg durch die Kurve w wiedergegeben ist.

Zur Bestimmung der Zeit τ, welche verstreicht, bis diese Ablenkung Δ im Sinne der X-Achse bei Emporsteigen des Kügelchens von einem Skalateil zum andern sich vollzieht, sind zwei Beobachter notwendig. Der eine Beobachter verfolgt im Mikroskop das Quecksilbertröpfchen, das selbstverständlich auch in der Richtung zur Ebene der Zählplatte, also im Sinne der Z-Achse infolge der Brownschen Molekularbewegung fortwährend Verschiebungen erleidet. Durch Handhabung der Mikrometerschraube kann der Beobachter sich diesen Abstandsänderungen des Objektes vom Objektiv anpassen und so während der ganzen Beobachtung eine scharfe Einstellung erzielen. (Doch haben wir solche Manipulationen bei den hier angeführten Beobachtungen zu vermeiden gesucht.)

Der zweite Beobachter sitzt vor einem Jaquetschen Sphygmographen, dessen berusster, 40—50 cm langer Papierstreifen horizontal gegen denselben zuläuft. Der Apparat ist auf langsame Bewegung eingestellt, so dass der Streifen in einer Sekunde 1 cm zurücklegt. Das Präzisions-Taschenuhrwerk, welches mit einer Zeitmarkierungsvorrichtung versehen ist, markiert im Fünftelsekundenrhythmus kleine Ordinaten, welche am linken Rand der Kurve als feine Zähnelung erscheinen.

In dem Moment, wo das Tröpfchen durch den untersten horizontalen Skalastrich emporsteigt, wird der Apparat in Bewegung gesetzt.

Beim Passieren der horizontalen Striche der Okularnetzmikrometerteilung gibt nun der erste Beobachter dem zweiten an, um wie viele Skalateile oder deren Bruchteile das Tröpfchen nach rechts oder

nach links abgetrieben worden ist, was letzterer im gleichen Augenblick auf dem berussten Papierstreifen notiert, indem er dicht neben der kleinen Schreibspitze, welche die Zeit markiert, einen kleinen Querstrich macht und dazu die angegebene Zahl schreibt (vergl. Fig. 1).

Aus dem Abstand der aufgezeichneten Querstriche wird dann die Zeit τ, in Sekunden ausgedrückt, bestimmt, indem man die Anzahl der dazwischenliegenden kleinen Ordinaten durch 5 dividiert. Die jeweilige Verschiebung in der Richtung der X-Achse berechnet sich, indem man die Differenz von je zwei Ablesungen bildet.

Da das beobachtete Quecksilberteilchen, wie theoretische Überlegungen ergeben haben, während der Zeit τ einen ausserordentlich komplizierten Weg macht, so ist seine wahre Geschwindigkeit von Moment zu Moment eine andere und deshalb einer direkten Messung unzugänglich. Einstein hat nun auf zwei verschiedene Arten, das eine Mal unter Zuhilfenahme des Diffusionskoeffizienten, das zweite Mal mit der Stokesschen Regel eine Formel aufgestellt, welche die Konstante von Avogadro zu bestimmen gestattet, durch die mittlere geradlinige Verschiebung Δ, welche das Teilchen während der beobachteten Zeit τ erfährt. Die Formel Einsteins lautet:

$$N = \frac{R\,T}{3\,\pi\,\eta} \cdot \frac{\tau}{P\,\Delta^2}$$

worin R die Gaskonstante, T die absolute Temperatur, η die Viskosität der Flüssigkeit bedeutet, in der das Teilchen sich befindet. In obiger Formel sind nun alle Grössen zur Bestimmung von N der direkten Messung zugänglich mit Ausnahme von P, welches wir mit der Stokesschen Regel bestimmen, nach welcher suspendierte kugelförmige Teilchen, deren Radius P ist, in einer Flüssigkeit, die den Reibungskoeffizienten η hat, die Geschwindigkeit v erhalten, wenn auf die einzelnen Teilchen die Kraft K einwirkt:

$$v = \frac{K}{6\,\pi\,\eta\,P}\,.$$

In unserem Falle ist die treibende Kraft durch die auf die suspendierten Quecksilberkügelchen wirkende Schwerkraft g gegeben. Bezeichnet man das spezifische Gewicht des Quecksilbers mit $\varrho = 13{,}596$, dasjenige des Wassers mit $\varrho_0 = 1$, so hat man

$$K = \frac{4}{3} P^3 \pi (\varrho - \varrho_0)\, g \quad \text{und}$$

$$v = \frac{2}{9} \frac{P^2 (\varrho - \varrho_0)\, g}{\eta}\,,$$

woraus sich der Kugelradius des Quecksilbertröpfchens bestimmen lässt.

$$P = \sqrt{\frac{9}{2} \frac{\eta v}{(\varrho - \varrho_0) g}}.$$

Da die Temperatur zur Zeit der Ablesung 20° C. betrug, erhält man für $T = 293$. Nach Drew beträgt die Viskosität des Wassers bei 20° C. = 0,0101. Setzen wir in dieser Gleichung die Zahlenwerte ein, so erhält man

$$P^2 = \frac{9 \cdot 0{,}0101}{2 \cdot 12{,}596 \cdot 9{,}81} v = 3{,}677 \cdot 10^{-6} v \cdot$$

Aus dem arithmetischen Mittel aller beobachteten τ findet man die mittlere Geschwindigkeit v_m, indem man die Distanz von einem horizontalen Skalateil, d. h. die Fallhöhe h durch dieses dividiert.

Da bei unserer Versuchsanordnung jeweilen nur eine kleine Anzahl von Beobachtungen für Δ und sein angehöriges τ gemacht werden können und oft grosse Unterschiede zwischen den einzelnen Ablesungen für diese Grössen τ auftreten, so ist es notwendig, dieselben nach Angaben von Einstein nach dem Gaussschen Fehlergesetz zu korrigieren:

Bedeuten $\Delta_1, \Delta_2, \cdots \Delta_n$ die beobachteten Horizontalablenkungen, $\tau_1, \tau_2 \cdots \tau_n$ die zugehörigen Zeiten, h die zugehörige Fallhöhe (da im ganzen 20 solcher Skalateile $^3/_{20}$ mm entsprechen, so ist $h = \frac{3}{20 \cdot 20}$ mm $= 7{,}5 \cdot 10^{-4}$ cm), v_ν die mittlere zugehörige Fallgeschwindigkeit und a das mittlere Quadrat der Brownschen Bewegung, so ist $a_1, \tau_1 - \tau_n$ so zu berechnen, dass das Produkt:

$$\prod_1^n \left\{ \frac{e^{-\frac{(h - v\tau_\nu)^2}{2 a \tau_\nu}}}{\sqrt{2 a \tau_\nu \pi}} \cdot \frac{e^{-\frac{\Delta_\nu^2}{2 a \tau_\nu}}}{\sqrt{2 a \tau_\nu \pi}} \right\}$$

ein Maximum wird; diese Bedingung wird selbstverständlich auch erfüllt, wenn der Logarithmus dieses Produktes möglichst gross wird; dann muss die Ableitung desselben nach a und nach jeder der Grössen von τ verschwinden. Wir logarithmieren also obiges Produkt und erhalten:

$$-\sum_1^n \left\{ \frac{(h - v\tau_\nu)^2}{2 a \tau_\nu} + \frac{\Delta_\nu^2}{2 a \tau_\nu} + \lg 2 a \tau_\nu \pi \right\} \cdot$$

Durch Ableitung dieser Summe nach τ_ν und Nullsetzen erhält man:

$$\frac{-2 a \tau_\nu \cdot 2 (h - v\tau_\nu) v - (h - v\tau_\nu)^2 2 a}{(2 a \tau_\nu)^2} - \frac{2 a \Delta_\nu^2}{(2 a \tau_\nu)^2} + \frac{1}{2 a \tau_\nu} \cdot 2 a = 0 ,$$

woraus sich durch einfaches Umrechnen ergibt:

$$v_0^2 \tau_\nu^2 - h^2 - \Delta_\nu^2 + 2 a \tau_\nu = 0.$$

Auf diese Gleichung kann man nun folgendes Näherungsverfahren gründen:

Man besitze für $a_1, \tau_1 \cdots \tau_n$ die Näherungswerte
$$a_1', \tau_1' \cdots \tau_n'.$$

Dann erhält man aus obiger Formel für τ_ν einen besseren Näherungswert τ_ν''. indem man setzt:

$$\tau_\nu''^{\,2} = \frac{1}{v^2}\left\{h^2 + \Delta_\nu^2 - 2\,a'\,\tau'\right\} \tag{1}$$

Hieraus erhält man einen bessern Wert für a (a'') durch die Formel

$$a'' = \frac{1}{n}\sum\left(\frac{\Delta_\nu^2}{\tau_\nu''}\right). \tag{2}$$

Nun wendet man wieder Formel (1) an, um aus a'' und τ'' eine noch bessere Näherung τ''' zu erhalten, dann Formel (2), um hieraus eine bessere Näherung für a (a''') zu bekommen usw.

Als erste Annäherung würde man also bekommen:

$$a^{(0)} = \frac{1}{n}\sum\frac{\Delta_\nu^2}{\left(\frac{h}{v_\nu}\right)}, \text{ worin } \frac{h}{v_\nu} = \tau_\nu^0 \text{ bedeutet.}$$

In allen Fällen, welche ausgerechnet wurden, genügte die hierauf folgende Näherung:

$$a^{(1)} = \frac{1}{n}\sum\frac{\Delta_\nu^2}{\frac{1}{v_\nu}\sqrt{h^2 + \Delta_\nu^2 - 2\,a^0\,\tau^0}}$$

Für den Versuch Nr. 1, dessen Aufnahme durch den Sphygmographen in Fig. 1 wiedergegeben ist, haben sich für $\tau_1 \cdots \tau_n$, und $\Delta_1 \cdots \Delta_n$ folgende Werte ergeben:

$$\tau_1 = 4{,}8 \quad \Delta_1 = 0{,}2 \quad \Delta_1^2 = 0{,}04 \quad \frac{\Delta_1^2}{\tau_1} = 0{,}0083$$
$$\tau_2 = 4{,}8 \quad \Delta_2 = 1{,}4 \quad \Delta_2^2 = 1{,}96 \quad \frac{\Delta_2^2}{\tau_2} = 0{,}4083$$
$$\tau_3 = 4{,}2 \quad \Delta_3 = 0{,}6 \quad \Delta_3^2 = 0{,}36 \quad \frac{\Delta_3^2}{\tau_3} = 0{,}0857$$
$$\tau_4 = 3{,}6 \quad \Delta_4 = 1{,}0 \quad \Delta_4^2 = 1{,}00 \quad \frac{\Delta_4^2}{\tau_4} = 0{,}2777$$
$$\tau_5 = 6{,}0 \quad \Delta_5 = 0{,}4 \quad \Delta_5^2 = 0{,}16 \quad \frac{\Delta_5^2}{\tau_5} = 0{,}0266$$
$$\tau_6 = 4{,}6 \quad \Delta_6 = 2{,}4 \quad \Delta_6^2 = 5{,}76 \quad \frac{\Delta_6^2}{\tau_6} = 1{,}2521$$
$$\tau_7 = 3{,}6 \quad \Delta_7 = 0{,}4 \quad \Delta_7^2 = 0{,}16 \quad \frac{\Delta_7^2}{\tau_7} = 0{,}0444$$
$$\tau_8 = 6{,}0 \quad \Delta^8 = 1{,}0 \quad \Delta_8^2 = 1{,}00 \quad \frac{\Delta_8^2}{\tau_8} = 0{,}1666$$
$$\tau_9 = 4{,}8 \quad \Delta_9 = 1{,}8 \quad \Delta_9^2 = 3{,}24 \quad \frac{\Delta_9^2}{\tau_9} = 0{,}6750$$

$$2{,}9447$$

Fig. 1.

Da sich durch Vergleichung der Okularnetzteilung mit der Netzteilung der Zählkammer ergibt, dass 21 senkrechte Skalateile $^1/_{20}$ mm entsprechen (Fig. 2), so müssen obige Zahlen für $\varDelta^2$, welche Skalateile bedeuten mit $\left(\frac{1}{20 \cdot 21}\right)^2$ mm² $= 5{,}6689 \cdot 10^{-8}$ cm² multipliziert werden.

Man erhält so für

$$\mathrm{a}^0 = \frac{2{,}9447 \cdot 5{,}6689 \cdot 10^{-8}}{9} = 1{,}85 \cdot 10^{-8}.$$

Setzen wir die gefundene Zahl in der Formel für a' ein, so findet man:

$$a' = \frac{1}{9} \sum \sqrt{\frac{\varDelta_\nu^2\, v_\nu}{56{,}25 + 5{,}669\,(\varDelta_\nu - 3{,}7\,\tau_\nu)}} \quad \text{also}$$

$$a' = \frac{1}{9} \begin{Bmatrix} 0{,}010 \\ 0{,}434 \\ 0{,}097 \\ 0{,}297 \\ 0{,}034 \\ 1{,}108 \\ 0{,}050 \\ 0{,}198 \\ 0{,}669 \end{Bmatrix} \times 5{,}669 \times 10^{-8} = 1{,}825 \cdot 10^{-8}$$

Die mittlere Geschwindigkeit v_m beträgt $\frac{67{,}5 \cdot 10^{-4}\,\mathrm{cm}}{42{,}4\ \mathrm{Sek.}} = 1{,}59 \cdot 10^{-4}$ cmsek^{-1}

Wir erhalten daher für

$$P^2 = 3{,}677 \cdot 1{,}59 \cdot 10^{-10}\,\mathrm{cm}^2 \quad \text{und für}$$

$$P = 2{,}42 \cdot 10^{-5}\,\mathrm{cm},$$

damit sind alle Faktoren, welche zur Berechnung von N mit der Einsteinschen Formel nötig sind, bestimmt.

Wir bekommen also für den ersten Teil der Formel:

$$\frac{R\,T}{3 \cdot \pi \cdot \eta} = \frac{8{,}31 \cdot 293 \cdot 10^7}{3 \cdot 3{,}1416 \cdot 0{,}0101} = 2{,}557 \cdot 10^{11}$$

und für den zweiten Teil

$$\frac{1}{P\,a^{(1)}} = \frac{1}{1 \cdot 825 \cdot 2{,}42 \cdot 10^{-13}} = 2{,}26 \cdot 10^{12},$$

woraus sich ergibt: $N = 2{,}557 \cdot 2{,}26 \cdot 10^{23} = 5{,}785 \cdot 10^{23}$.

Die so gefundene Anzahl der im Grammolekül einer nicht dissocierten Lösung enthaltenen Moleküle erfährt aber noch eine kleine Änderung, denn bei der Berechnung von N wurde bei der Anwendung der Stokesschen Formel vorausgesetzt, es handle sich um eine starre Kugel, die sich in einem zähen Medium unter dem Einfluss der Schwere zu Boden senke.

Da es sich aber bei unseren Beobachtungen um die Bewegung eines Quecksilbertröpfchens, also einer flüssigen Kugel, in Wasser

handelt und nach W. Rybczynski die Geschwindigkeit einer flüssigen Kugel in einem zähen Medium eine andere ist als die einer starren, so müssen wir den bei der Berechnung von P verwendeten Wert für v ersetzen durch denjenigen, den uns Rybczynski angibt in Gleichung 14 seiner Arbeit „über die fortschreitende Bewegung einer flüssigen Kugel in einem zähen Medium" auf Seite 44, Anzeiger der Akademie der Wissenschaften in Krakau 1911:

$$U = \frac{2}{9}\frac{\sigma - \sigma'}{u'} g \cdot a^2 \cdot \frac{3\lambda + 3}{3\lambda + 2},$$

wobei U die Geschwindigkeit, σ das spezifische Gewicht der Flüssigkeit, λ eine Abkürzung von $\frac{u}{u'}$ dem Verhältnis der Viskositäten und a den Radius der Kugel bedeutet; die gestrichenen Buchstaben sind auf die suspendierende Flüssigkeit bezogen. Die Viskosität des Wassers bei 20° beträgt 0,0101, diejenige des Quecksilbers 0,01589, daraus berechnet sich

$$\lambda = \frac{0{,}01589}{0{,}0101} = 1{,}573; \qquad 3\lambda = 4{,}719$$

$$\frac{3\lambda + 3}{3\lambda + 2} = \frac{4{,}719 + 3}{4{,}719 + 2} = \frac{7{,}719}{6{,}719} = 1{,}148.$$

Eine starre Kugel, wo λ unendlich gross wird, bewegt sich also im allgemeinen am langsamsten. Unsere Berechnungen wurden durchgeführt, als ob es sich um eine starre Kugel unter dem Einfluss der Schwere handelte, folglich sind die beobachteten Werte für v zu gross.

Es würde sich also P berechnen:

$$P'^2 = \frac{g}{2} \cdot \frac{\eta}{(\varrho - \varrho_0) g} \cdot v \cdot \frac{1}{1{,}148}, \quad \text{also für} \quad \eta = 0{,}0101$$

$$P^2 = \frac{3{,}677}{1{,}148} \cdot v. \quad \text{und} \quad \varrho[Hg] = 13{,}596$$

Der für P gefundene Wert müsste also mit dem Faktor:

$$\frac{1}{\sqrt{1{,}148}} = \frac{1}{1{,}071} = 0{,}93$$

oder die Zahl N mit dem Faktor $\sqrt{1{,}148} = 1{,}071$ multipliziert werden. Wir finden also für unsern Fall Nr. 1

$$N = 5{,}785 \cdot 10^{23}\, 1{,}071 = \mathbf{6{,}2 \cdot 10^{23}}.$$

Die so gefundene Anzahl N hat aber nur Gültigkeit unter der Voraussetzung, dass das Quecksilbertröpfchen sich frei im Wasser bewegen kann, d. h. dass es nicht beeinflusst wird durch die Anwesenheit einer in der Nähe sich befindenden Wand. Nach H. A. Lorentz (Abhandlungen über theoretische Physik II, S. 23) erleidet

nämlich eine Kugel, die sich in einem zähen Medium parallel einer ebenen Wand bewegt, einen Widerstand in der Richtung der Bewegung, der im Verhältnis

$$1:\left(1+\frac{9}{8}\frac{R}{a}\right) \text{ bezw. } \left(1+\frac{9}{16}\frac{R}{a}\right)$$

vergrössert wird, wobei R den Radius der Kugel und a ihren Abstand von der Wand bezeichnet.

J. Stokes, Krakau, der die Erwägungen von Lorentz weiterführte und höhere Potenzen von $R:a$ (bis zum 4. Grade) in Betracht zog, insbesondere zu dem Zwecke, um zu untersuchen, ob nicht auch Kräfte in normaler Richtung oder Drehungsmomente auftreten, kam zu dem Resultat, dass die Kugel einen Widerstand erfährt, der im Verhältnis

$$1:\left[\frac{1}{1-\frac{9}{16}\frac{R}{a}}-\left(\frac{R}{2a}\right)^3\left(1+\frac{9R}{16a}\right)\right]$$

bei Berücksichtigung vierter Potenzen von $R:a$ vergrössert wird; dass in der Richtung senkrecht zur Wand dagegen keine Kräfte auf die Kugel wirken, und dass kein Drehungsmoment auftritt.

Wenn also das Quecksilbertröpfchen in der Zählkammer zu Boden sinkt, so setzt sich der treibenden Schwerkraft G nicht nur die innere Reibung des Wassers entgegen, sondern ein weiterer Widerstand η_1, der durch die Gegenwart einer nahen Wand bedingt ist. Den gesamten Widerstand η', den der Quecksilbertropfen beim Fallen erleidet, können wir ausdrücken durch die Gleichung:

$$\eta' = \eta + \eta_1 = \eta\left[1+\frac{9}{8}\frac{P}{a}\right].$$

Setzen wir diesen Wert in der Stokesschen Gleichung ein, so findet man:

$$P^2 = \frac{9}{2}\cdot\frac{\eta\left[1+\frac{9}{8}\frac{P}{a}\right]}{(\varrho-\varrho_0)\,g}v$$

$$= \frac{9}{2}\cdot\frac{\eta\,(8\,a+9\,P)}{(\varrho-\varrho_0)\,8\,a\,g}v$$

$$P^2 = \frac{9\cdot 9\cdot\eta\cdot v}{16\,(\varrho-\varrho_0)\,g\,a}P + \frac{9\cdot 8\,\eta}{16\,(\varrho-\varrho_0)\,g}v$$

$$P = 2{,}068\cdot\frac{v}{a} \mp \sqrt{\left(\frac{2{,}068}{a}v\right)^2 + 3{,}677\,v.}$$

Die Tiefe der Zählkammer beträgt 0,01 cm; a hat also im Maximum eine Länge von 0,005 cm; setzen wir diesen Wert in obige Gleichung ein, so finden wir:

$$P = \frac{2{,}068 \cdot 1{,}59}{5} \cdot 10^{-7} \mp \sqrt{(0{,}66 \cdot 10^{-7})^2 + 3{,}677 \cdot 1{,}59 \cdot 10^{-10}}$$

$$P_1 = -2{,}41 \cdot 10^{-5}\,\text{cm}, \quad P_2 = 2{,}4245 \cdot 10^{-5}\,\text{cm}.$$

Bei der Berechnung des Radius ohne Berücksichtigung der in der Nähe sich befindenden Wand hatte man gefunden

$$P = 2{,}4179 \cdot 10^{-5}\ \text{cm}.$$

Aber auch auf $\varDelta$ muss die Anwesenheit einer benachbarten Wand einen Einfluss ausüben; denn hier wird die Kraft, welche die Brownsche Molekularbewegung verursacht, nicht in vollem Masse zur Geltung kommen können, sondern eine Hemmung erfahren.

Die die Brownsche Molekularbewegung hervorrufende Kraft muss also in Wirklichkeit grösser sein als diejenige, welche die abgelesene Verschiebung $\varDelta$ des Quecksilbertröpfchens erzeugt. Wir erhalten ihren wahren Wert, indem wir unter Anwendung der Lorentzschen Beziehung die durch Ablesung gefundenen Zahlen mit dem Faktor

$$\left(1 + \frac{9}{8}\frac{R}{a}\right)$$

multiplizieren.

Bezeichnet man die wirkliche Verschiebung, die sich an einem im unbegrenzten Medium befindlichen Quecksilbertröpfchen in der Richtung der x-Achse geltend machen würde mit $\varDelta'$, so hat man

$$\varDelta' = \varDelta\left(\frac{8a + 9R}{8a}\right).$$

Denselben Einfluss übt eine benachbarte Wand selbstverständlich auch auf τ aus, man erhält für

$$\tau' = \tau\left(\frac{8a + 9R}{8a}\right).$$

Setzt man alle diese 3 Werte in der Einsteinschen Formel ein, so hat man

$$N = \frac{RT}{3\pi\eta} \frac{\tau}{\varDelta^2 P'} \frac{8a}{(8a + 9P')}\Bigg).$$

Da aber P im Vergleich zu a verschwindend klein ist, so ist der Faktor $\frac{8a}{8a + 9P'}$ nur ganz wenig kleiner als 1.

Wir sehen also, dass der Lorentzsche Faktor bei der Berechnung von P nach der Stokschen Regel, und bei der Bestimmung von $\varDelta$ und τ einen so geringen Einfluss ausübt, dass er ruhig vernachlässigt werden kann.

Allerdings stellen die eben angeführten Zahlen ein Minimum der Beeinflussung dar für die Annahme, das Quecksilberkügelchen bewege sich genau in der Mitte zwischen den beiden parallelen Ebenen, welche die Zählkammer begrenzen, was selbstverständlich nie der Fall ist; aber auch wenn wir a um das 10—20fache kleiner annehmen, so ist die Beeinflussung der 3 von ihm abhängigen Grössen eine so kleine, dass wir sie ohne merklichen Fehler zu begehen ausser Acht lassen dürfen.

Die Tabelle auf folgender Seite gibt eine Zusammenstellung einiger Ablesungen der Brownschen Molekularbewegung, die genau so ausgerechnet wurden wie das im vorigen angeführte Beispiel.

Anmerkung:

Wenn sich das *Hg*-Tröpfchen nur unter dem Einfluss der Schwerkraft befände, d. h. wenn es nicht dazu noch die Brownschen Bewegungen ausführte, so würde es in (unserm) Fall 1. die einzelnen Fallhöhen mit einer Geschwindigkeit (v) von $1{,}59 \cdot 10^{-4}$ cmsek durchlaufen. In Wirklichkeit aber ist die Geschwindigkeit (v_ν), wie aus der Verschiedenheit der einzelnen beobachteten (τ—τ_n) hervorgeht, während der Strecke (h) eine verschiedene; wir erhalten sie, indem wir setzen: $v_\nu = \frac{h}{\tau_\nu}$

$v_1 = 1{,}56 \cdot 10^{-4}\,\text{cmsek}^{-1}$ $\quad v_5 = 1{,}25 \cdot 10^{-4}\,\text{cmsek}^{-1}$
$v_2 = 1{,}56$ „ „ $\quad v_6 = 1{,}63$ „ „
$v_3 = 1{,}78$ „ „ $\quad v_7 = 2{,}08$ „ „
$v_4 = 2{,}08$ „ „ $\quad v_9 = 1{,}56$ „ „

Der in der Zeit τ durchlaufene Weg ist also

$$h_\nu = \frac{h}{v} \cdot v_\nu .$$

Bezeichnet man die maximale Verschiebung, die als Ausdruck der Brownschen Bewegung, sei es durch eine Vergrösserung, sei es durch eine Verlangsamung der Fallgeschwindigkeit in der Zeit τ entsteht mit Δ_z, so erhält man dieses, indem man die Differenz von je zwei aufeinanderfolgenden Werten für h_ν bildet:

$$\Delta_{z\nu} = h_\nu - h_{\nu+1} = \frac{h}{v}(v_\nu - v_{\nu+1}).$$

Bei der Berechnung der Zahl N aus dieser mittleren Verschiebung wurde in Fall 1. die Zahl $9 \cdot 5 \cdot 10^{23}$ gefunden; auch bei den übrigen Beispielen wurden überall grössere Werte berechnet als aus der Bestimmung der horizontalen Abweichungen sich ergaben. Die Ursache dürfte wohl in einer Ungenauigkeit der Bestimmung der Zeiten $\tau_1 \ldots \tau_n$ liegen, denn es können dabei 3 Beobachtungsfehler enstehen: 1. bei der Ablesung des Durchtrittes des *Hg*-Tröpfchens durch den Skalateil, 2. bei der Mitteilung der beobachteten Abweichung an den 2. Beobachter, 3. bei der Notierung der Zahl auf dem sich bewegenden Papierstreifen des Sphygmographen. — Diese 3 Beobachtungsfehler bedingen einen Ausgleich der Zeiten τ_ν unter sich, wodurch die einzelnen Δ_z zu klein werden und die Zahl N einen zu grossen Wert erhält. Dazu kommen noch die Schleifenbahnen.

	Auf dem Sphygmographen notierte Zahlen	Das Quadrat ihrer Differenzen Δ_ν^2 Skalateile	Zugehörige Zeiten τ_ν Sek.	Mittlere Geschwindigkeit des Hg-tröpfchens v_m 10^{-4} cmsek^{-1}	$\alpha^{(0)}$ 10^{-8} cm^{2}sek^{-1}	$\alpha^{(1)}$ 10^{-8} cm^{2}sek^{-1}	P 10^{-5} cm	N mit Berücksichtigung der Faktors von Rybczinsky und unter Vernachlässigung des Lorentzschen Faktors
Fall 1	2,0	0,04	4,8	1,59	1,85	1,825	3,42	**6,2 · 10²³**
	1,8	1,96	4,8					
	3,2	0,36	4,2					
	3,8	1,00	3,6					
	4,8	0,16	6,0					
	5,2	5,76	4,6					
	2,8	0,16	3,6					
	3,2	1,00	6,0					
	4,2	3,24	4,8					
	2,4							
Fall 2	1,2	0,81	1,6	3,60	1,33	1,35	3,64	**5,6 · 10²³**
	2,1	0,01	1,8					
	2,2	0,09	2,2					
	2,5	0,49	1,6					
	3,2	1,00	3,2					
	4,2							
Fall 3	2,0	0,64	2,0	2,24	1,40	1,46	2,87	**6,5 · 10²³**
	2,8	0,16	2,2					
	3,2	1,00	2,0					
	4,2	0,25	2,0					
	3,7	1,44	5,0					
	2,5	0,49	6,0					
	3,2	0,16	5,0					
	2,8	1,44	3,0					
	4,0	1,00	3,0					
	3,0							
Fall 4	0,0	0,25	2,6	2,95	1,34	1,42	3,295	**5,9 · 10²³**
	0,5	0,25	1,2					
	1,0	0,64	3,6					
	1,8	0,36	2,8					
	1,2	0,04	3,0					
	1,0	0,49	3,0					
	1,7	0,64	3,4					
	2,5	0,09	1,8					
	2,2	1,00	2,0					
	3,2	1,69	2,0					
	4,5							
Fall 5	1,8	0,36	2,2	2,54	1,79	1,73	3,05	**5,2 · 10²³**
	1,2	0,49	2,8					
	0,5	0,49	3,2					
	1,2	3,24	1,8					
	3,0	0,04	3,0					
	3,2	0,09	3,8					
	3,5	1,00	2,8					
	4,5	0,25	4,8					
	5,0	0,25	2,2					
	5,5							

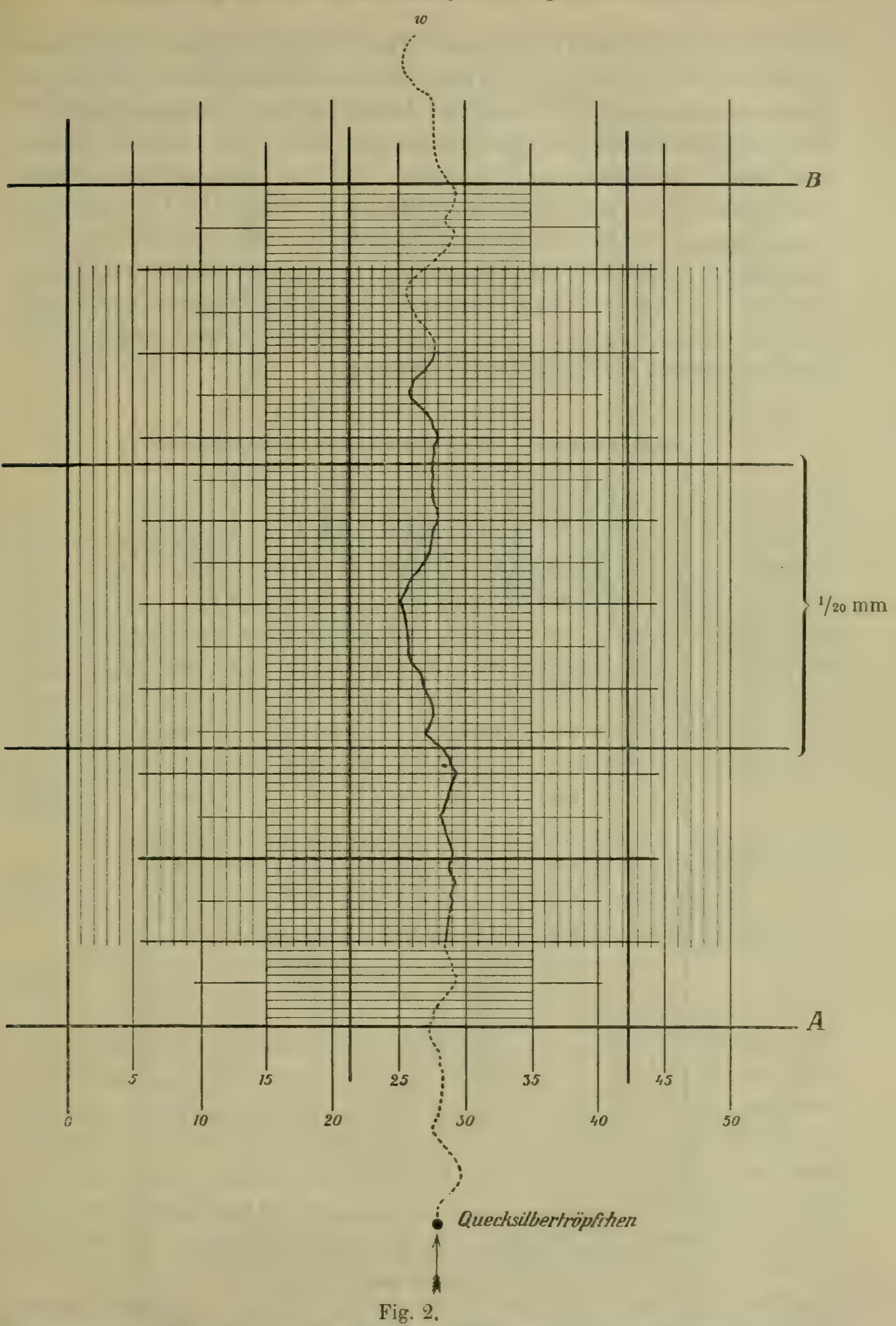


Fig. 2.

Die ausgezogene Kurve bedeutet den Weg des Hg-Kügelchens, soweit die Ablesungen gemacht werden. — Stark ausgezogen: Netzteilung der Zählkammer, schwach ausgezogen diejenige des Okularnetzmikrometers.

Eine einfachere Versuchsanordnung, die wir früher angewendet haben, die aber etwas unzuverlässigere Resultate gibt, weil die Zeiten, welche verfliessen, bis die seitliche Ablenkung sich vollzogen hat, nicht einzeln bestimmt werden können, besteht darin, dass man sich einfach die Zeit t markiert, die verstreicht, bis das Quecksilberkügelchen vom Skalateil A bis B empor gestiegen ist (Fig. 2). Die seitlichen Ablenkungen werden gleich bestimmt wie bei der vorigen Versuchsanordnung. Für die zugehörigen Zeiten wird ein Mittelwert angenommen, den man erhält, indem man die Zeit t durch die Anzahl der Skalateile dividiert. Die in nachstehender Tabelle angegebenen Zahlen wurden auf diese Weise bestimmt.

	Mittlere Geschwindigkeit des Hg-Tröpfchens v_m 10^{-4} cmsek^{-1}	Arithmetisches Mittel der mittlern Verschiebung im Sinne der x-Achse Δ_m^2 10^{-8} cm^2	Durchmesser des Hg-Kügelchens P 10^{-5} cm	Arithmetisches Mittel der zu Δ gehörigen Zeiten τ Sek.	Anzahl der im Grammmolekül enthaltenen Moleküle N
1	2,020	6,90	2,72	3,68	$5,37 \cdot 10^{23}$
2	2,798	4,46	3,20	2,68	$5,16 \cdot 10^{23}$
3	0,769	33,69	1,68	9,75	$4,71 \cdot 10^{23}$
4	1,172	13,28	2,07	6,40	$6,36 \cdot 10^{23}$
5	1,042	12,77	1,96	7,2	$7,89 \cdot 10^{23}$
6	1,095	13,27	2,00	6,85	$7,09 \cdot 10^{23}$
7	1,000	13,40	1,92	7,5	$8,00 \cdot 10^{23}$
8	1,66	8,912	2,47	4,5	$5,59 \cdot 10^{23}$
				Arithmetisches Mittel	**6,24** $\cdot 10^{23}$

2 Hg-Tröpfchen durch Kohäsion mit einander verbunden ergaben folgende Zahlen:

	0,802	11,97	1,72	9,35	$12,46 \cdot 10^{23}$

Bei der in Fig. 2 eingezeichneten Ablesung Nr. 8 haben sich folgende Zahlen ergeben:

	Differenz der Quadrate
28,5	
29,0	0,25
29,0	0,00
28,2	0,64
29,2	1,00
27,0	4,84
27,0	0,00
25,8	1,44
25,2	0,36
27,0	3,24
28,0	1,00
27,5	0,25
28,0	0,25
25,8	4,84
27,8	4,00
	22,11

$$t = 90 \text{ Sek.}$$

$$\tau = \frac{90}{20} = 4{,}5 \text{ Sek.}$$

$$v_m = \frac{1}{90} \cdot \frac{3}{200} = 1{,}66 \cdot 10^{-4} \text{ cmsek}^{-1}$$

$$P^2 = 1{,}666 \cdot 3{,}677 \cdot 10^{-10}$$

$$P = 2{,}47 \cdot 10^{-5}$$

$$\frac{\tau}{P\varDelta^2} = 2{,}04 \cdot 10^{12}$$

$$22{,}11 : 14 = 1{,}572 \times 5{,}6689 \cdot 10^{-8} = 8{,}9115 \cdot 10^{-8} \text{ cm}^2 = \varDelta^{-2}$$

$$N = 2{,}557 \cdot 10^{11} \times 2{,}04 \cdot 10^{12} \times 1{,}07 = \mathbf{5{,}59 \cdot 10^{23}}$$

Bei beiden Versuchsanordnungen beobachteten wir je nur eine einzige Kugel und nur während einer kurzen Zeit, aber wir kennen sehr genau ihre Form, die infolge der Oberflächenspannung absolute Kugelgestalt haben muss, ferner das spezifische Gewicht und die Viskositätsverhältnisse. Die Beobachtung eines einzelnen Kügelchens über kurze Zeit muss aber trotz alledem während einer sehr kurzen Beobachtungszeit bei der Ausrechnung auf dieser Basis ziemlich ungleiche Resultate geben, weil die zufälligen Bewegungsformen nicht ausgeglichen werden, resp. weil zufällige Abweichungen nicht ausgeglichen werden.

Die statistische Ausgleichung und mit ihr eine zuverlässige Zahl für die Grösse des Moleküls kann sich folglich erst ergeben auf Grund einer grossen Zahl von genauen Einzelbeobachtungen.

Als arithmetisches Mittel sämtlicher ausgeführter Beobachtungen ergab sich für N ein Mittelwert von $\mathbf{6{,}1 \cdot 10^{23}}$.

Wenn wir diesen Wert mit den Zahlen, die Perrin und Einstein mit Hülfe der Brownschen Bewegung 1. aus der Verteilung einer gleichförmigen Suspension ($7{,}05 \cdot 10^{23}$), 2. aus der mittlern Verschiebung in einer gegebenen Zeit ($7{,}15 \cdot 10^{23}$) und 3. aus der mittlern Rotation in einer gegebenen Zeit ($6{,}5 \cdot 10^{23}$) vergleichen, so können wir eine vollkommen befriedigende Übereinstimmung konstatieren. Dieselbe wird noch besser, wenn wir einerseits berücksichtigen, dass es sich bei umserem Werte für die Konstante Avogadros um eine untere Grenze handeln muss; denn infolge der ziemlich intensiven und immer mehrere Minuten dauernden Belichtung wird die Temperatur und die Viskosität zu Gunsten einer Vergrösserung der Zahl N verändert, trotzdem wir nur diffuses Himmelslicht von Norden

verwendet haben: anderseits scheinen aber auch die neuesten Resultate von Perrin[1]) immer noch etwas zu hoch sein; denn die Perrinschen Kügelchen, die er in seiner homogenen Suspension verwendet, entstehen dadurch, dass er in Wasser unlösliche Substanzen, das Gummigutti und den Mastix mit Methylalkohol behandelt, welcher etwa $^4/_5$ der Masse löst. Diese klare alkoholische Lösung verwandelt er durch Verdünnen mit Wasser in eine gelbe undurchsichtige Emulsion; das schwach alkoholische Wasser wird durch Zentrifugieren entfernt. Es ergibt sich nun klar, dass sich ein Teil der gelösten Masse beim Wasserzusatz gelatinartig ausscheidet, ein anderer Teil wird zu Kügelchen. Diese Kügelchen erstarren aber sicher bevor aller Alkohol entwichen ist; sie sind also effektiv etwas grösser als wenn die Masse kompakt wäre. Dieser Fehler mag sehr klein sein, aber er macht die Zahl N doch etwas zu gross.

Eine weitere Möglichkeit zur Kontrolle des von uns gefundenen Wertes für N gibt uns die Ladung des Elektrizitätsatoms an die Hand. Nachdem Townsend im Jahre 1900 die Unveränderlichkeit der atomaren Ladung bewiesen hat, sind in den folgenden Jahren sehr genaue Messungen für dieselbe gemacht worden. So hat Ehrenhaft für die Ladung des Elektron im C. G. S. $4{,}6 \cdot 10^{-10}$, de Broglie $4{,}5 \cdot 10^{-10}$, Rutherfords $4{,}65 \cdot 10^{-10}$ gefunden. — Berechnen wir nun auf Grund unseres Wertes für $N = 6{,}1$ die Ladung des Elektrons, so finden wir:

$$Ne = 29 \cdot 10^{13}\,;\; e = \frac{29 \cdot 10^{13}}{6{,}1 \cdot 10^{23}} = \mathbf{4{,}75 \cdot 10^{-10}}.$$

[1]) Während der Drucklegung wurde mir eine ganz neue Publikation von Perrin bekannt, in der er für die Konstante von Avogadro statt $7{,}05 \cdot 10^{23}$ $\mathbf{6{,}8 \cdot 10^{23}}$ findet. Comptes rendus.

Einige Anwendungen der Bestimmung der absoluten Grössen des Moleküls auf die Diffusion in festen Colloiden und Membranen.

Die treibende Kraft, welche bei der Diffusion auf ein in nicht dissoziertem Zustande sich befindenden Moleküle wirkt, besteht aus dem osmotischen Druck (nach Traube zum grossen Teil auch ausgedrückt in der Differenz der Oberflächenspannungen). Bei den Colloiden spielt der osmotische Druck eine mehr untergeordnete Rolle; an seine Stelle tritt bei konzentrierten Colloiden unter Umständen der Quellungsdruck, ferner die Schwerkraft und die elektrische Ladung (vgl. Zangger, Membranarbeiten). Der auf Grund des Wärmeinhaltes entstehenden Vorwärtsbewegung des Massenteilchens treten folgende drei Kräfte entgegen:

1. findet eine Hemmung statt infolge des Zusammenstossens der Moleküle unter sich,

2. üben die engen Kanäle der strukturierten Gelatine durch die Reibung an ihren Wandungen (Erhöhung der Reibung durch nahe Wand) einen hemmenden Einfluss aus,

3. kommen elektrische Ladungen in Betracht, die für das Maschenwerk und die durch dasselbe durchtretenden Moleküle gleich oder ungleich sein können.

So beeinflussen z. B. die colloiden Zellmembranen in mannigfacher Weise die Diffusion, eine Tatsache, die bis vor wenigen Jahren vollständig ignoriert wurde, indem man die Membran einfach als etwas Indifferentes, Konstantes angesehen hat; Tamman, Overton und Meyer haben dann eine Theorie aufgestellt und behauptet, es kann durch eine Membran nur durchtreten, was in ihr löslich ist, und haben darauf gestützt zwei Arten von biologisch wichtigen Membranen unterschieden: fett- und wasserlösende.

Das Experiment hat aber gezeigt, dass sehr kleine physikalische und chemische Differenzen in der Vorgeschichte der Colloide die Durchlässigkeit in starker Weise zu verändern vermag.

Wenn wir uns eine Vorstellung machen wollen über das Wesen, über das erste Beginnen der Struktur, so können wir sagen, in dem Moment, wo ein Anschluss der Moleküle aneinander stattfindet, wo eine bestimmte Richtung im Raum bevorzugt wird, wo die Dislokation der Massenteilchen in einer Richtung eine andere Kraft erfordert als in einer andern, treten neben die Merkmale der Lösung oder der Emulsion die Zeichen der Festigkeit, der Elastizität, der Zerreissungsfestigkeit, d. h. die Struktur, die ja so ausserordentlich variabel und charakteristisch.

Die ersten Untersuchungen, welche gemacht wurden in der Absicht nachzuweisen, dass die Art der Membran den Diffusionsvorgang bedingt, wurden ausgeführt von Pfeffer und von Traube, dann kamen Walden und Tamann die Membranen aus Ferrocyankupfer etc. herstellten, die eine verschiedene Durchlässigkeit gegen den natürlichen Häuten zeigten (auch gegen Salze).

Da es ausserordentlich schwierig ist, in einer dünnen Membran den Diffusionsvorgang genauer zu studieren, vor allem, eventuell auftretende Niederschläge und Zonenbildungen zu beobachten, wurden zu diesem Zwecke von mehreren Autoren Gelatinezylinder gewählt, an welchen, nachdem man vorher verschiedene Einflüsse hatte einwirken lassen, die eintretenden Änderungen im Diffusionsprozess mit Leichtigkeit quantitativ und qualitativ verfolgt werden konnten, indem z. B. nach einer bestimmten Zeit der Gelatinezylinder in Scheiben zerlegt und analysiert wurde; ferner ist auf diese Weise durch Messen des zurückgelegten Weges, durch Farben- und Fällungsreaktion ein genaues Studium des Diffusionsvorganges möglich (vergl. Dis. Stoffel pag. 47).

So hat F. Stoffel z. B. gezeigt, dass verschieden lange Erstarrungszeit einen Unterschied im Diffusionsweg und Charakter hervorruft. Ferner wurde nachgewiesen, dass lange Quellung (mehrere Tage) und langes und starkes Erhitzen die Schichtbildung bei der Diffusion aufhebt. Es tritt z. B. nach diesen beiden Vorbehandlungen der Gelatine keine Liesegangsche Ringbildung ein, wenn der Gelatine vor dem Erstarren Kaliumbichromat zugesetzt und dieselbe mit Silbernitrat-Lösung überschichtet wird.

Neben dieser rein physikalischen Beeinflussung der Gelatine erzeugt die chemische sehr ungleiche, oft auffallende Unterschiede im Diffusionsweg und Diffusionsmodus (vergl. Stoffels Vorversuche, die sich vergleichend über eine Reihe von Farbstoff-Diffusionsuntersuchungen erstrecken).

Pzibram hat durch Zusatz von Zucker, Harnstoff etc., Lebedeff und Fluri mit Aluminiumsalzen bei Pflanzen und Czapek durch Alkohol ebenfalls bei Pflanzen eine Änderung des Diffusionsvorganges bewirkt.

Meine eigenen Versuche hatten zum Ziel, die Anderung des Diffusionsprozesses zu studieren, wenn dem Gelatinezylinder gewisse Hydroxydkörper oder stark wirkende Protoplasmagifte zugesetzt wurden, um auf diese Weise sukzessive einen Einblick in die Beeinflussbarkeit dieser Strukturbildungen in der Gelatine und über den Mechanismus der Giftwirkungen etwas zu erfahren.

Chemische Beeinflussbarkeit der Diffusion.

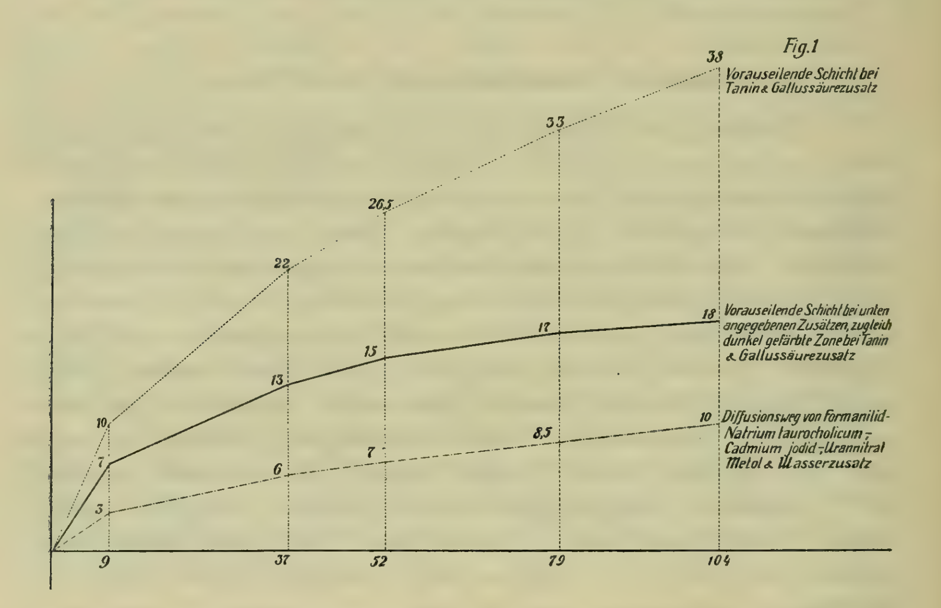
1. Versuch vom 1. März 1911: Untersuchungen über den Einfluss verschiedener Zusätze zur Gelatine auf ihre Diffusionsgrösse. Gelatine wird zweimal 24 Stunden mit destilliertem kaltem Wasser dialysiert und nachher durch weiteren Zusatz von Wasser auf das Zehnfache ihres ursprünglichen Gewichtes gebracht, so dass man eine 10%ige Gelatine erhält; nachdem man sie während einer Viertelstunde auf 70° erhitzt hat, werden in 1 cm weite Reagensgläschen je 10 cm^3 abgefüllt. Zur noch heissen flüssigen Gelatine werden neben vielen andern folgende Zusätze gemacht: Gerbsäure, Formanilid, Natrium taurocholicum, Gallussäure, Metol, Cadmiumjodid, Urannitrat, und zwar je 5 Tropfen einer 1%igen Lösung. Zur Kontrolle werden bei 1 respektive 2 Reagensgläschen zur Gelatine 5 Tropfen destillierten Wassers zugegeben. Durch einen Vorversuch wurde bestimmt, dass je 14—15 Tropfen dieser Lösungen einem cm^3 entsprechen.

In 10 cm^3 Gelatine sind also $^5/_{1400}$ gr Substanz der oben genannten Zusätze enthalten oder anders ausgedrückt, die Gelatine hat einen Zusatzgehalt von 0,35 ‰. Nach Erstarrung der Gelatine wird dieselbe mit je 1 cm^3 einer 1%igen Eisenchloridlösung überschichtet und bei Zimmertemperatur aufgestellt.

Nach 9 Stunden zeigt sich in den Reagensgläschen, zu welchen man Formanilid, Natrium taurocholicum, Cadmiumjodid, Urannitrat und Wasser zugegeben hatte, folgendes Bild: Die in die Gelatine eindiffundierte Eisenchloridlösung weist überall eine gleiche dunkelrotbraune, nach unten scharf begrenzte Färbung auf. Die Länge dieser Schicht beträgt in allen Röhrchen 6—7 mm; ihr geht eine zweite ungefärbte Schicht voraus, welche um das Zweifache länger ist, als die gefärbte und sich von der noch intakten Gelatine nur durch

eine veränderte Lichtbrechung abgrenzt, was als äusserst feine und scharfe Linie zum Ausdruck kommt (vergleiche auch Tafel I. Fig. 1).

Etwas anders hat sich der Diffusionsvorgang gestaltet in der Gelatine, der Metol zugesetzt wurde. Hier ist nämlich die vorauseilende Schicht, welche oben von der gefärbten Diffusionszone und unten von der eben genannten scharfen Linie begrenzt wird, deutlich braun gefärbt, und zwar in der Weise, dass die Intensität der Färbung, von oben mit einem kaum sichtbaren durchscheinenden Braun beginnend, allmählich zunimmt, bis sie am unteren Rand der Zone, wo auch



hier noch jene scharfe Linie zu sehen ist, mit ziemlich scharfer Grenze aufhört. Über diese Linie hinaus findet sich noch einige mm weit eine ganz zarte durchscheinende Braunfärbung, die allmählich gegen die noch unveränderte Gelatine hin verschwindet (vergl. Fig. 2, Taf. II, wo 5%ige Gelatine angewendet wurde).

Ganz anders erscheinen die Diffusionsverhältnisse bei Zusatz von Tannin und Gallussäure. Hier ist dasjenige Stück Gelatine, das wir vorhin als gesamten Diffusionsweg bezeichnet hatten, dunkelbraunrot mit einem Ton ins Violette gefärbt, doch ist die Färbung nicht in ihrer ganzen Ausdehnung eine homogene, sondern etwas unterhalb der Mitte lässt sich eine deutlich hellere, ca. 2 mm breite Zone erkennen, die hauptsächlich in dem Röhrchen mit Gallussäure stark zum Ausdruck kommt; unterhalb dieser Schicht tritt eine

neue Färbung auf, die in ihrer ganzen Breite eine hellrot-violette Farbe aufweist (vergl. auch Fig. 9, Taf. I).

Der gesamte Diffusionsweg bei Tannin- und Gallussäurezusatz beträgt nach 9 Stunden 10 mm. Obenstehende Kurven zeigen die Masse nach 9, 37, 52, 79, 104 Stunden. Die Abszissen bedeuten die Stunden, die Ordinaten die Diffusionswege. Beim Metolzusatz ist die vorauseilende Schicht überall um den oben erwähnten hellbraunen Saum breiter, als die ausgezogene Linie angibt.

2. Versuch vom 25. April 1911. Untersuchungen über die untere Grenze der Beeinflussbarkeit des Diffusionsprozesses durch Tanninzusatz. Gelatine wird zweimal 24 Stunden dialysiert und nachher durch Wasserzusatz 5%ig gemacht und mit Eisenchlorid überschichtet. Es wird zu 28 Gelatineröhrchen Tannin zugesetzt und zwar in folgenden, in Promille ausgedrückten Konzentrationen:

1) 0,0007 ‰	8) 0,0056 ‰	15) 0,0105 ‰	22) 0,028 ‰
2) 0,0014 „	9) 0,0063 „	16) 0,0112 „	23) 0,035 „
3) 0,0021 „	10) 0,0070 „	17) 0,0119 „	24) 0,042 „
4) 0,0028 „	11) 0,0077 „	18) 0,0126 „	25) 0,049 „
5) 0,0035 „	12) 0,0084 „	19) 0,0133 „	26) 0,056 „
6) 0,0042 „	13) 0,0091 „	20) 0,014 „	27) 0,063 „
7) 0,0049 „	14) 0,0098 „	21) 0,021 „	28) 0,070 „

Bei der Ablesung nach 41 Stunden ist in den Röhrchen 1—9 kein Unterschied zu erkennen zwischen denjenigen Röhrchen, in die zur Kontrolle nur destilliertes Wasser zugesetzt wurde. Bei Röhrchen 10 (vergl. Fig. 2, Taf. I) tritt zum erstenmal an der untern Grenze der vorauseilenden Schicht ein sehr zartes durchscheinendes blaues Bändchen auf, das nach oben und unten unscharf begrenzt in die vollkommen klare Gelatine übergeht und durch dessen Mitte die lichtbrechende Linie verläuft. Mit steigender Tannin-Konzentration wird die Zone a', b immer mehr blau gefärbt und zwar so, dass die Intensität der Färbung von der Linie b ausgeht und allmählich gegen die untere Grenze a' der eigentlichen Diffusionsschicht abnimmt (Fig. 3 und 4, Taf. I). Bei noch höheren Konzentrationen, wie bei Röhrchen 24—28, welch letzteres durch Fig. 4, Taf. I wiedergegeben ist, wird der untere Teil der Zone a', b intensiv dunkelblau gefärbt, während unterhalb der Linie b eine 5 mm breite, in ihrer ganzen Ausdehnung gleichmässig rot-violette mit scharfer Grenze sich gegen die intakte Gelatine absetzende Zone erscheint.

3. Versuch vom 25. April 1911. Gleiche Zubereitung der Gelatine wie im Versuch 2. Es werden folgende Zusätze zur Gelatine gemacht:

1) 0,035 ‰ Tannin + 0,35 ‰ Kalium bichromat
2) 0,07 „ „ + 0,35 „ „ „
3) 0,14 „ „ + 0,35 „ „ „
4) 0,21 „ „ + 0,35 „ „ „
5) 0,28 „ „ + 0,35 „ „ „

Die 5 Gelatineröhrchen werden mit einer 17%igen Argentum nitricum-Lösung überschichtet. Nach 20 Stunden zeigen sich die Diffusionsprozesse in folgendem Stadium: in allen Röhrchen beträgt der Gesamtdiffusionsweg 25 mm, in Röhrchen 1 und in dem Kontrollröhrchen, dem nur Kalium bichromat und kein Tannin zugestezt wurde, sind die Liesegangschen Ringe schön zur Ausbildung gekommen, während schon in Röhrchen 2, also bei einer Konzentration von 0,07 ‰ die Entstehung dieser Ringe gestört wurde. An ihrer Stelle sind nur noch vereinzelte dunkle Punkte vorhanden (siehe Fig. 9 und 10, Taf. II), welche den Vorgang nach 144 Stunden zeigt. Vergl. auch Stoffel „Über Diffusion in festen Colloiden“, der das analoge Resultat erhält, d. h. Auflösung der Ringbildung, indem er die Gelatine sehr rasch abkühlt.

4. Versuch vom 25. April 1911. Untersuchung der vorauseilenden Schicht auf Ammoniak und Säure. 1. Es wird mittelst einer Pravatz-Spritze Phenolphtalein in die helle Zone hineingespritzt: es tritt reine Alkoholreaktion ein. 2. Die Schicht *a'*, *b* wird nach Zerschlagen des Reagensgläschens mit dem Messer herausgeschnitten, geschmolzen und mit Phenolphtalein versetzt: es entsteht keine Rotfärbung. 3. Der ganze Inhalt des Reagensgläschens wird geschmolzen (die Schicht *a*, *a'* schmilzt bedeutend langsamer als die übrige Gelatine) und Phenolphtalein zugesetzt: es zeigt sich auch hier keine Rotfärbung. 4. Nach Isolierung der Schicht *a'*, *b* wird dieselbe geschmolzen und mit Nesslers Reagens untersucht. Es tritt auch hier eine negative Reaktion ein. 5. Es wird in einem Röhrchen der Gelatine vor dem Erstarren etwas Congorot beigeben und dassellbe gleichzeitig mit einem Kontrollröhrchen, das reine Gelatine enthält mit einer 1 % Eisenchloridlösung überschichtet; es bildet sich in dem congorothaltigen Röhrchen ein gleichmässig blau gefärbter Diffusionszylinder, der zu jedem Zeitpunkt der Ablesung genau die gleiche Länge hat wie die dunkelbraune Diffusionszone und die vorauseilende Schicht in dem Kontrollröhrchen zusammen; die vorauseilende Schicht, die offenbar säurehaltig ist (Salzsäure), färbt die congorothaltige-Gelatine blau.

5. Versuch vom 28. April 1911. Herstellung von 5 %iger Gelatine nach vorherigem Dialysieren während 24 Stunden. Es werden drei verschiedene Gelatinen gebildet: 1. Gelatine ohne Zusatz, 2. Gelatine mit 0,3 ‰ Gallussäure und 3. Gelatine mit 0,3 ‰ Pyrogallol. Je drei solcher Gelatineröhrchen werden überschichtet 1. mit Eisenchlorid, 2. mit Kalium bichromat, 3. mit Cupramonsulfat und 4. mit Fluorescin. Resultat: Bei der Überschichtung mit Eisenchlorid zeigt sich in den Röhrchen mit Gallussäure und Pyrogallol genau der gleiche Diffusionsvorgang wie beim Tanninzusatz, mit dem Unterschied zwar, dass das Bändchen, das an Stelle der Linie *b* erscheint, hier mehr violett ist, und dass es bei Pyrogallol etwas breiter ist, als bei Tannin und Gallussäure.

6. Versuche ohne evident positive Resultate. 5%ige Gelatine, die wie in Versuch 1 hergestellt wurde, wird mit folgenden Substanzen so versetzt, dass je eine 0,35 ‰ige Gelatinezusatz-Mischung entsteht. 1. β Naphtol, 2. Hydrochinon, 3. Harnstoff, 4. Thymol, 5. β Naphtylaminsulfosäure, 6. Dinitrobenzol, 7. Diphenylamin, 8. Anilin, 9. salicylsaures Amyl, 10. Tetrachlorkohlenstoff, 11. Benzaldehyd, 12. Pyridin, 13. Isobutylamin, 14. Thionylchlorid, 15. Äthylanilin, 16. Triamylamin, 17. Ölsäure, 18. Piperidin. Nach dem Erstarren werden alle Gelatineröhrchen mit einer 1%igen Eisenchloridlösung überschichtet. Nach 72 Stunden hatte in dem Kontrollröhrchen, dem kein Zusatz beigegeben wurde, die eigentliche Diffusionsschicht 10—11 mm, der gesamte Diffusionsweg 22 mm weit entwickelt. In Röhrchen 1 und 2 hat sich an Stelle der vorauseilenden Linie eine ca. 2 mm breite Zone gebildet, die bei 1 hellgelb, bei 2 mehr bräunlich ist und deren obere und untere Begrenzung ganz allmählich in die intakte Gelatine übergeht. Die Röhrchen 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 und 10 zeigen ganz dasselbe Bild, wie das Vergleichsröhrchen. Bei Röhrchen 11 hat sich beim Hinzufügen des Benzaldehyds zur Gelatine eine weisse emulsionsähnliche Masse gebildet. Das Eisenchlorid diffundiert mit hellbrauner Farbe in die weisse Gelatine hinein, doch beträgt hier die eigentliche Diffusionsschicht nur 8 mm. Ihr geht ebenfalls eine vorauseilende Zone voran, die sich als helle durchsichtige Partie von der übrigen weissen Gelatine absetzt. Bei 12 hat sich an der Berührungsfläche der beiden ineinander diffundierender Medien ein intensiv brauner Ring gebildet. Ebenso ist bei Röhrchen 13 an der Berührungsfläche des Eisenchlorids mit der Gelatine eine dunkelbrunschwarze Schicht entstanden, unter welcher eine rote und als dritte eine gelbbraune folgt. Jede der 3 Schichten misst etwa 1 mm. Bei 15 stellt sich der ganze Diffusionsweg als eine 3 mm breite schmutzig braune Zone dar. Auch bei 16 und 17 besteht der ganze

Diffusionsweg in einer etwa 3 mm breiten Zone. Bei 18 ist die eigentliche Diffusionsschicht 5 mm breit, ihr folgt eine 1 ½ mm breite helle Zone, unter welcher eine braune, 2 ½ mm breite sich befindet.

7. Versuch vom 29. April 1911. 5 % Gelatine, die wie in Versuch 1 hergestellt wurde, wird 1. mit 5 Tropfen einer 10 % Salzsäure-Lösung, 2. mit 5 Tropfen einer 10 % Natronlauge versetzt; ein 3. Röhrchen bekommt keinen Zusatz, resp. um die gleiche Konzentration der Gelatine zu erzielen 5 Tropfen destillierten Wassers; alle Röhrchen werden mit einer ca. 1 % Eisenchloridlösung 4 cm hoch überschichtet.

Bei der Ablesung nach		3	14	36	Stunden
beträgt der eigentliche Diffusionszylinder in allen 3 Röhrchen		3	7–8	12	mm
dagegen die vorauseilende	1	8	18	30	mm
ungefärbte Zone in	2	4	9	15	„
Röhrchen	3	5	13	22	„

Resultat: Zusatz von Salzsäure und Natronlauge beeinflusst vor allem die Bildung der vorauseilenden Schicht, nicht aber (oder jedenfalls in ganz untergeordnetem Masse) die Entstehung des eigentlichen Diffusionszylinders, und zwar wird bei Na OH-Zusatz dieselbe verzögert, bei HCl-Zusatz beschleunigt. Bei natronlaugehaltiger Gelatine wird die Grenze zwischen intakter Gelatine, die ein weisses opaleszentes Aussehen hat, sehr scharf, die vorauseilende Schicht ist hell und durchsichtig, während bei salzsäurehaltiger Gelatine die vorauseilende Linie nach einigen Stunden mehr und mehr unscharf wird; auch die untere Begrenzung der eigentlichen Diffusionszone gegen die vorauseilende wird bei dieser Gelatinemischung diffus.

8. Versuch vom 10. Mai 1911. Nach Traube „Über Capillaranalyse“ (Bericht der deutschen chemischen Gesellschaft, Jahrgang 45, Heft 5) erfahren manche colloidalen Medien (z. B. Farbstofflösungen, wie Nachtblau, Nilblau, ferner Wollviolett, Lecithin oder Seifenemulsionen) oft eine bedeutende Änderung der Oberflächenspannung, falls ihnen Colloidgifte zugesetzt werden, wie Anionen J, CNS, ClO_4 und Kationen Hg, Cd, Ag, Pb, Cu, z. B. Sublimat, Cd Chlorid, Quecksilberjodid, Cocainchlorhydrat; es war naheliegend, die oben angegebenen Kombinationen zu prüfen, ob sie eventuell eine Änderung im Diffusionsweg oder -charakter hervorrufen; doch konnte bei allen möglichen Mischungen und Überschichtungen der Gelatine mit diesen Colloidgiften keine Änderung des Diffusionsprozesses beobachtet werden.

9. Versuch vom 1. Juni 1911. Nach Wilhelm Biltz, Zeitschrift für physikalische Chemie, Bd. 77, I. Heft, „Über den osmotischen Druck der Colloide“, erhöhen gewisse konstitutive Einflüsse wie Häufung der Sulfogruppen in einem Molekül die Löslichkeit der Farbstoffe und ihre Dialysierfähigkeit. Zwischen den Farbstoffen von nahezu gleichen Molekulargrössen verursacht der Gehalt an Sulfogruppen, zwischen den Farbstoffen mit gleicher Anzahl von Sulfogruppen die verschiedene Atomzahl charakteristische Unterschiede; so dialysiert z. B. Tuchrot mit 53 Atomen und einer Sulfogruppe nicht, während Säurefuchsin S mit 52 Atomen und 3 Sulfogruppen stark dialysiert. Indem wir diese Untersuchungen auf unsere Diffusionsexperimente übertrugen, machten wir folgende Versuche:

10%ige Gelatine wird mit äquimolekularen Lösungen (70%ige alkoholische Lösung) von Tuchrot (Monosulfo-Körper), Molekulargewicht 482, Congorot, Molekulargewicht 990 (Disulfo-Körper in Wasserlösung), Chicagoblau, Molekulargewicht 993 (Tetrasulfo-Körper) überschichtet. Es zeigt sich, dass bei 1 ein kaum 1 mm breiter, bei 2 ein 1—2 mm dicker und bei 3 ein 5 mm langer Diffusionszylinder sich gebildet hat.

10. Versuch vom 9. Juli 1911. Gelatine dargestellt wie in Versuch Nr. 1. Es werden folgende Zusätze gemacht: 1. Gallussäure, 2. Brenzkatechin, 3. β Naphtol, 4. Hydrochinon, 5. Metol, 6. Pyrogallol, 7. Tannin und zwar von jeder Substanz soviel, dass je eine 0,03% Gelatine entsteht. Alle Röhrchen werden mit einer 1% Methylenblaulösung $3\frac{1}{2}$ cm hoch überschichtet. Ablesung nach 10×24 Stunden. In denjenigen Reagensgläschen, die keinen Zusatz erhalten haben, hat der intensiv blau gefärbte Diffusionszylinder eine Länge von 8—9 cm, darüber hinaus ist die Gelatine 3—4 cm durchscheinend blau gefärbt, so dass ein allmählicher Übergang zur intakten Gelatine stattfindet; in allen andern Röhrchen beträgt der dunkel gefärbte Diffusionsweg nur 4—5 cm (mit Ausnahme der tanninhaltigen Gelatine), wo dieser 6—7 cm lang ist. Auch hier folgt unterhalb der dunkelblauen eine hellblaue 2—3 cm breite Zone mit allmählichem Auslaufen in die unveränderte Gelatine; doch ist der Übergang von der intensiven zur diffusen Farbe bei allen Zusatzröhrchen ein viel brüskerer, schärferer als bei der reinen Gelatine.

Bei steigender Konzentration dieser Zusätze wird die Diffusionsgeschwindigkeit überall noch mehr gehemmt. So beträgt z. B. bei einer 0,3% Gallussäure-Gelatine die dunkelgefärbte Diffusionsscheibe nur $\frac{1}{2}$ cm, die vorauseilende, allmählich in die klare Gelatine abklingende Schicht 4—5 cm.

Für andere Farbstoffe wie Tuchrot, Chicagoblau und Congorot üben die obigen Zusätze keinen Einfluss auf die Diffusionsgeschwindigkeit aus. Mischung dieser Substanzen im Reagensrohr gab keine Fällung. Die Gründe dieser eigenartigen Beobachtung sind nicht klar.

11. Versuch vom 9. Juli 1911. Um zu untersuchen, ob der hydrostatische Druck während der Erstarrungszeit der Gelatine von Einfluss auf den Diffusionsvorgang sei, liess ich mehrere Gelatineröhrchen unter einem Druck von 6—8 Atmosphären in Erstarrung übergehen. Bei nachheriger Überschichtung mit Eisenchlorid zeigte sich keine Änderung im Diffusionsmodus zwischen diesen Röhrchen, und denjenigen, die bei normalem Luftdruck erstarrt waren. Dieses Ergebnis war zu erwarten, da die Hauptmasse Wasser ist und dieses nach den Untersuchungen von Tamman seine Eigenschaften erst bei 1500 Atm. Druck wesentlich verändert.

Anmerkung: Für diese Diffusionsversuche wählten wir extra ein einfaches ($Ag\,N\,O_3$) und ein kompliziertes Salz, wie das Eisenchlorid.

Berechnung der Kanalweiten in der Gelatine.

Nachdem wir nun im ersten Abschnitt die Zahl N und damit auch die absolute Dimension der diffundierenden Teilchen bestimmt haben, möchte ich hier versuchen, die Kanalgrössen zu berechnen, soweit sie nur als Gitterwerk in Frage kommen, d. h. keine andern Potentiale als die Bewegung der Massenteilchen als Ausdruck der Temperatur auftreten; soweit speziell keine elektrischen Potentiale vorhanden sind, und die Hemmung, die infolge des Zusammenstossens der Teilchen unter sich als unwesentlich vernachlässigt werden kann, was bei einer stark verdünnten Lösung und Diffusion von Eisenchlorid in Gelatine annähernd der Fall sein dürfte, so dass eine Überschlagsrechnung für die absolute Dimension dieser Grössen gestattet sein wird.

Diese Berechnung lässt sich durchführen aus einer Beziehung, die uns R. Ladenburg angibt (Über den Einfluss von Wänden auf die Bewegung einer Kugel in einer reibenden Flüssigkeit. Ann. der Physik, Bd. XXIII, 1907):

Unter dem Einfluss eines unendlich langen Zylinders vom Querschnittsradius ϱ würden sich die Flüssigkeitsteilchen am Mittelpunkt der Kugel vom Radius R mit der Geschwindigkeit $2,4\,\frac{R\,a}{\varrho}$ in der der Kugelgeschwindigkeit entgegengesetzten Richtung bewegen, und die relative Geschwindigkeit v zwischen Kugel und Flüssigkeit würde den Wert annehmen:

$$a\left(1+2,4\,\frac{R}{\varrho}\right).$$

wobei *a* die Geschwindigkeit der Kugel ohne Anwesenheit des Zylinders bedeutet.

Bei dieser Beziehung wird selbstverständlich vorausgesetzt, dass die Bewegung eine geradlinige sei, was beim Durchtreten eines Teilchens durch das Maschenwerk der strukturierten Gelatine, wenn wir auch nur eine ganz kurze Strecke in Betracht ziehen, kaum annähernd der Fall sein wird. Dabei begehen wir noch eine kleine Ungenauigkeit, indem wir die Voraussetzung, es handle sich um einen unendlich langen Zylinder, vernachlässigen.

F. Stoffel (Über Diffusionserscheinungen in festen Colloiden, Diss. 1908) hat gezeigt, dass die Erstarrungsschnelligkeit auf die Diffusion von Einfluss ist; dass z. B. Gelatineröhrchen, die langsam in Zimmerwärme in Erstarrung übergegangen sind, eine bedeutend raschere Diffusion für Eisenchlorid zeigen, als diejenigen, die in Wasser von 6° abgekühlt worden sind. Bei seinem Versuch vom 2. Mai 1907 hat er z. B. gefunden, dass nach 2 Tagen der Diffusionsweg im rasch gekühlten Gelatineröhrchen 1,5 und in demjenigen, das bei Zimmertemperatur erstarrte, 3 cm, beträgt.

Die freie Diffusion einer 1 % Eisenchloridlösung, wie sie Stoffel in seinem Experiment annimmt, in reines Wasser hinein, ist nur wenig rascher als die in langsam erstarrter 10 % Gelatine, so dass wir ohne erheblichen Fehler den Diffusionsweg, den das Eisenchlorid in reines Wasser hinein gemacht hätte, als 3 cm annehmen können. (Purgotti und Vanzetti.)

Nach Grabfield beträgt das spez. Gewicht des sublimierten Eisenchlorids bei 10,8° = 2,804 (Landolt-Börnsteinsche Tafeln). Das Molekulargewicht ist 162,5; daraus berechnet sich das Volumen eines Eisenchloridmoleküls, wenn wir für N einen Mittelwert von $6{,}2 \cdot 10^{23}$ annehmen:

$$v = \frac{162{,}5}{6{,}2^{23}\ 2{,}804} = 9{,}3 \cdot 10^{-23}.$$

Nehmen wir nun an, das Eisenchloridmolekül habe Kugelgestalt, was ja, da ja keinerlei Momente für einen asymetrischen Aufbau desselben vorhanden sind, wohl auch annähernd der Fall sein wird, so lässt sich der Kugelradius P bestimmen:

$$P = \sqrt[3]{\frac{3}{4\,\pi} \cdot 9{,}3 \cdot 10^{-23}} = 2{,}8 \cdot 10^{-8}.$$

Das Eisenchloridmolekül würde sich unter dem Einfluss des osmotischen Druckes mit einer Geschwindigkeit

$$a = v_1 = \frac{3}{2 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60} \text{ cmsek}^{-1}$$

unter der hemmenden Wirkung der Kanäle in der Gelatine mit der Geschwindigkeit $v_2 = \frac{1.5}{2{,}24 \cdot 60 \cdot 60}$ cmsek^{-1} bewegen. Daraus lässt sich die Kanalweite, die ein Molekül passieren muss, berechnen:

$$v_1 = v_2 \left(1 + 2{,}4 \frac{R}{\varrho}\right)$$

$$v_1 \varrho = v_2 \varrho + 2{,}4 v_2 R$$

$$\varrho = \frac{2{,}4 v_2 \cdot 2{,}8 \cdot 10^{-8}}{2 v_2 - v_2}$$

$$= 2{,}4 \cdot 2{,}8 \cdot 10^{-8} = \mathbf{6{,}7 \cdot 10^{-8}} \text{ cm.}$$

Also die Kanalgrösse der colloiden Membranen liegt weit unter dem mikroskopisch sichtbaren.

In diesem Beispiel, wo die Vorgeschichte des strukturierten Colloids in beiden Fällen genau die gleiche ist, mit der einzigen Ausnahme, dass bei der einen Gelatine eine rasche, bei der andern eine langsamere Erstarrung stattgefunden hat, darf man wohl mit ziemlicher Sicherheit annehmen, dass die Diffusionshemmung nur auf das Netzgebilde mit seinen Kanälen reduziert wurde, dass also die oben angeführten hemmenden Momente nicht in Betracht zu ziehen sind, und dass infolgedessen ein Rückschluss auf die Grösse der Kanalweiten gestattet ist.

Von der gleichen Überlegung ausgehend, es müsse die Diffusion in Capillaren von verschiedener Weite infolge des Einflusses der Zylinderwand auf die diffundierenden Teilchen eine andere sein, haben wir Versuche mit ungleichen, 30 cm langen Capillarröhren angestellt, deren Durchmesser sich wie 1 : 2 : 4 : 8 verhielten. Die Röhren wurden mit destilliertem Wasser gefüllt, beiderseits mit einem dünnen Gelatinehäutchen verschlossen und mit dem einen Ende in Argentum nitricum, mit dem andern in eine Kochsalzlösung in horizontaler Lage eingetaucht; doch konnte aus dem Auftreten des sich bildenden Silberchlorid-Niederschlags keine Gesetzmässigkeit betreffend die Diffusionsgeschwindigkeit und den Capillardurchmesser konstatiert werden. Der Grund liegt evidenterweise darin, dass der Grössenunterschied zwischen der Capillare und den diffundierenden Teilchen ein viel zu grosser war.

Schlussfolgerungen.

I. In der vorliegenden Arbeit wird versucht, die Bewegung und die Verteilung der Moleküle in flüssigem und colloid-strukturiertem Milieu quantitativ zu verfolgen in verschiedenen zum Teil absoluten Grössen.

II. Die Hauptvoraussetzungen sind:

1. Die absolute Grösse des in der einfachen Lösung vorliegenden Substanzanteiles, dessen Eigentümlichkeiten die Bewegungsgesetze der Diffusion etc. beherrschen.
2. Die verschiedenen Arten der Hemmung der Diffusion und deren Beeinflussung in festem strukturiertem colloidem Milieu.

Die Untersuchungen über die Bestimmung der absoluten Grösse des Moleküls mit einer neuen Versuchsanordnung ergab bei der einen Reihe 5,2 — 6,5, bei einer früheren Reihe 4,7 — 8,0 $\times 10^{23}$; als Durchschnitt aller Zahlen ergibt sich **6,1** $\times$ **10^{23}** für die Avogadrosche Zahl N. Die Versuchsanordnung besteht in einer Kombination der gleichzeitigen Messung des Auftriebes und der Brownschen Molekularbewegung kleinster Quecksilberkügelchen, die alle Voraussetzungen wie genau bekanntes spezifisches Gewicht der vorliegenden Masse und absolute Kugelform realisieren. Die elektrostatische Einheit ergibt sich daraus $\varepsilon = 4{,}75 \cdot 10^{-10}$.

III. Auf Grund früherer Untersuchungen, vergl. Stoffel, Zangger, wurden systematische Versuche angestellt über Änderungen des Diffusionsweges in strukturierten festen Colloiden und Membranen. In dieser Untersuchung beschränkten wir uns auf die quantitative Untersuchung der Beeinflussbarkeit der Diffusion eines einfachen Salzes, wie Silber-Nitrat und eines komplizierteren wie Eisenchlorid — neben einer Serie verschieden sulferierter Farbstoffe.

Es ergab sich,

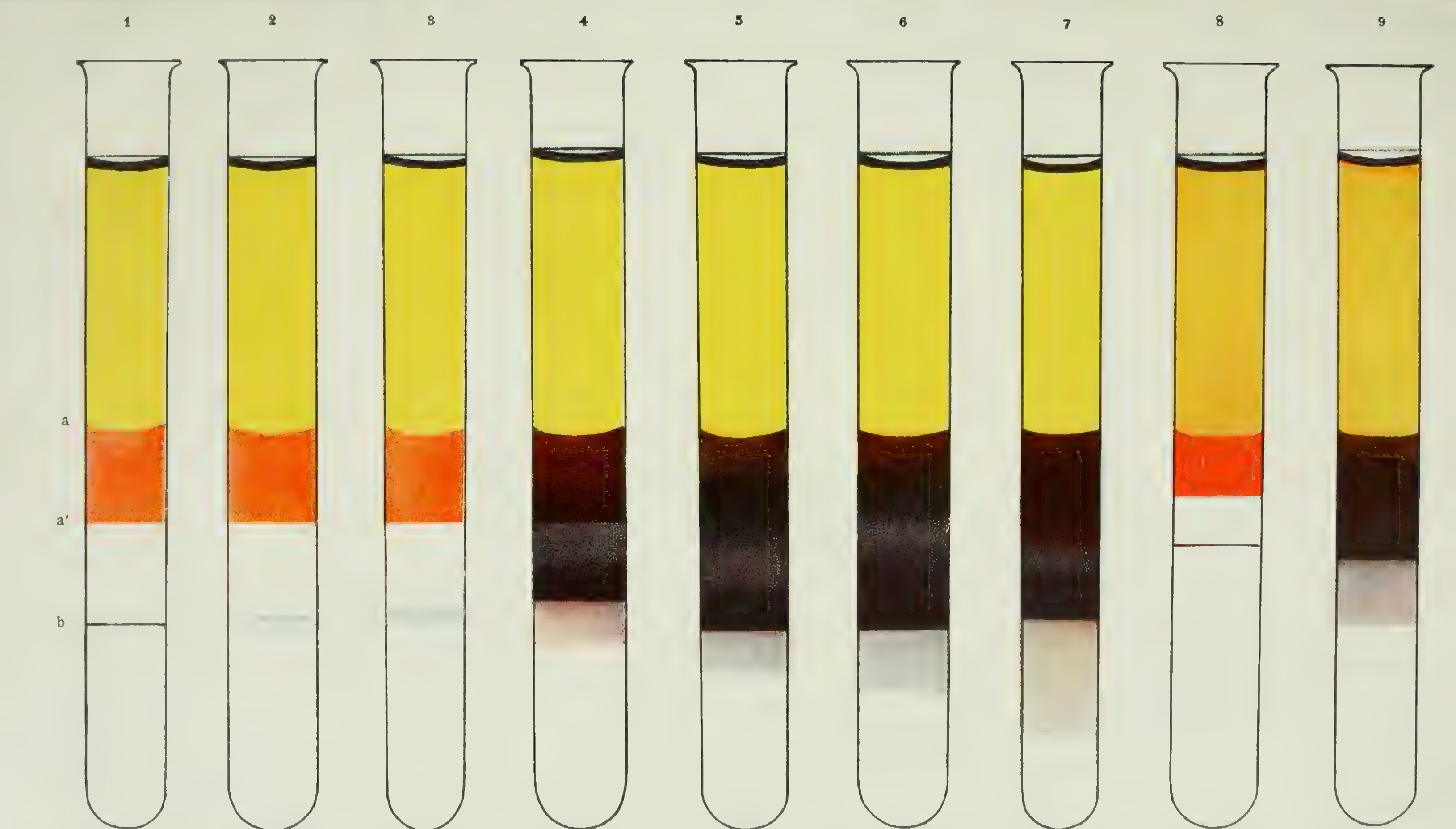
1. dass die Sulfo-Gruppen den Diffusionsweg in Gelatine erhöhen;
2. dass von allen untersuchten Körpern nur einige speziell aromatische Hydroxylkörper den Diffusionsweg wesentlich verändern, indem Konzentrationen von 1 : 10.000 das Diffusionsergebnis zu beeinflussen begannen, auch von solchen Körpern, die im Reagensglas keine evidente chemische Reaktion gaben — wenn auch ein Teil dieser Ergebnisse auf chemische Zwischenreaktionen zurückgeführt werden müssen.

IV. Auf Grund der Ergebnisse dieser Untersuchungen und anderer bekannten Daten wurden die Porengrösse colloider Membranen etc. auf ca. 10 μ berechnet:

Zum Schlusse sei es mir gestattet, meinem verehrten Lehrer, Herrn Professor H. Zangger, in dessen Institut für gerichtliche Medizin

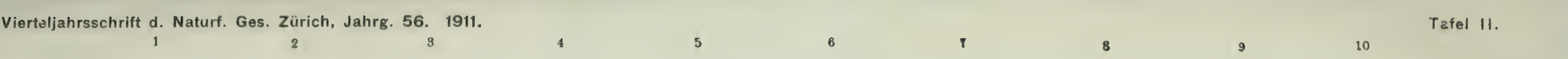
der Universität Zürich ich meine Untersuchungen ausführte, für die Überlassung des interessanten Themas und seine Zuvorkommenheit, mit der er mich während der Ausführung der Arbeit mit seiner reichen Erfahrung und seiner Literatur jederzeit in liebenswürdigster Weise unterstützte, meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen.

Auch möchte ich nicht verfehlen, Herrn Prof. Einstein in Prag bestens zu danken für das Interesse, das er meiner Arbeit durch briefliche Mitteilung in so fördernder Weise hat angedeihen lassen.



Erläuterung der Tafel I, Fig. 1—7: Gelatine 5 %; in Fig. 1 enthält sie keinen Zusatz; in Fig. 2 beträgt der Tanninzusatz zur Gelatine 0,007 ‰; in Fig. 3: 0,014 ‰; in Fig. 4: 0,07 ‰; in Fig. 5: 0,14 ‰; in Fig. 6: 0,21 ‰; in Fig. 7: 1,4 ‰ (hier wurde, um eine vollständige Lösung der Gerbsäure in der Gelatine zu erzielen, dieselbe auf ca. 90° erhitzt); Fig. 8 und 9: Gelatine 10 %, Fig. 8 ohne Zusatz, Fig. 9: 0,14 ‰ Tannin. Ueberschichtung sämtlicher Reagensgläschen 4 cm hoch mit einer 1% Eisenchloridlösung am 24. Juni 1911, 3 Uhr nachmittags. Aufnahme am 27. Juni, vormittags 11 Uhr.





Erläuterung der Tafel II. Gelatine überall 5 %, in Fig. 1 ohne Zusatz, in Fig. 2 beträgt der Zusatz von Metol 0,35 ‰, in Fig. 3: 0,7 ‰, in Fig. 4: 7 ‰, in Fig. 5 hat sie einen Gehalt an Gallussäure von 0,07 ‰, in Fig. 6 von 0,35 ‰, in Fig. 7 von 0,7 ‰, in Fig. 8 von 7,0 ‰, in Fig 9 und 10 an Kaliumbichromat von 0,35 ‰, in Fig. 10 enthält die Gelatine dazu noch 0,14 ‰ Tannin Ueberschichtung der Röhrchen 1—8 mit einer 1 % Eisenchloridlösung, 9 und 10 mit einer 17 % Argentumnitricumlösung. Aufnahme der Röhrchen 1—8 nach 12, der Röhrchen 9 und 10 nach 84 Stunden von der Ueberschichtung an gerechnet.



Anschauungen über Magnetismus, ihre Beziehungen zur Molekularphysik und das Magneton.

Von

P. Weiss.

Welches auch die Ziele der Naturphilosophie seien, ob sie hoffnungsvoll versucht ein System der Welten zusammenzubauen und alles Geschehen in einer einheitlichen Erklärung wiederzuspiegeln, oder, bescheidener, nur die Kenntnis der Gesetze der Erscheinungen in ihrer unendlichen Mannigfaltigkeit zu erforschen bestrebt ist, es gibt fundamentale Fragen, denen sie sich nicht entziehen kann.

Ebensowenig wie der von seinem Ideal beseelte Baumeister der gothischen Kirchen, wie der Techniker, welcher die Kräfte der Natur bezwingt, bleibt die Naturphilosophie verschont von der Notwendigkeit, den Stoff zu kennen, mit welchem sie arbeitet.

Die Anschauungen über die Materie sind so alt wie die Wissenschaft selbst und schon bei den Griechen finden wir den Gegensatz zwischen zwei Gesichtspunkten, welche je nach Bedürfnis zur Erklärung herbeigezogen wurden: Die Kontinuität und Diskontinuität der Materie. Von den Griechen rührt das Wort: Atom her, das ist das Unteilbare. Aber eigentlich stellten sie sich wieder die Atome nur als eine praktische Grenze der Teilbarkeit vor, und bildeten wieder die Atome selbst von einer Materie im geläufigen Sinne des Wortes. So schleicht sich der Begriff der Kontinuität wieder ein.

Es liesse sich leicht ausführen, dass die neuere Wissenschaft abwechselnd mit dem Kontinuitätsbegriff und mit der atomistischen Vorstellung arbeitet. Im Kampf mit der unnennbaren Schwierigkeit des Problems der Naturbeherrschung sind alle Waffen gut. Auch die Erfolge der einen Anschauung genügen nicht, um das Verzichten auf die Hülfsmittel der andern zu gebieten. So besitzen wir umfassende Theorien, welche die elektrischen Tatsachen erklären durch Bewegungen und namentlich Wirbelbildungen in kontinuierlichen Flüssigkeiten. Der Lichtäther, diese hypothetische und subtilste

Materie, ist ein Continuum. Unstreitig hat aber in den letzten Jahrzehnten die Atomistik die grösseren Erfolge zu verzeichnen. Es ist aber unsere Atomistik von derjenigen der Griechen begrifflich verschieden. Wir unterscheiden heutzutage zwei Stufen in den Erscheinungen der begrenzten Teilbarkeit der Materie. Die erste umfasst die Atome der chemischen Elemente, von denen bald 100 verschiedene bekannt sind und die aus ihnen durch die chemische Bindung entstandenen Moleküle. Die zweite ist der Anfang einer wesentlich tiefergehenden Erkenntnis, sie enthält vorderhand noch sehr fragmentarische Kenntnisse über einige Bausteine, aus welchen sämtliche chemische Atome ihrerseits zusammengesetzt sind. Diese neue Physik befasst sich also mit Objekten kleiner wie die Atome, von denen das bekannteste das Elektron ist. Aber diese denkt man sich nicht wieder ausgefüllt mit einer Materie wie diejenige, die uns durch die tägliche Erfahrung vertraut geworden ist. Sonst wäre ja nichts erreicht und alles noch einmal in kleinerem Masstab anzufangen. Es ist nicht zu gewagt zu sagen, dass allmählich durch die vielseitigen Anstrengungen der heutigen Wissenschaft ein Bild sich entschleiert, ja einige wenige Züge sind schon erkennbar, wir kennen schon das Elektron ziemlich gut — aber lange wird es wohl noch dauern, bis wir die Gesamtheit des „Kleiner wie das Atom“ überblicken.

Die Erscheinungen der Chemie, namentlich der Umstand, dass sich die Zusammensetzung der Verbindungen ausdrücken lässt durch die ganzzahligen Vielfachen von einer ganz bestimmten Menge jeden Elementes, haben wohl am meisten zur Annahme der Diskontinuität der Materie beigetragen. Man sieht nämlich sofort, dass wenn Chlor oder Eisen aus Atomen bestehen, die alle einander gleich sind, und wenn die Verbindung die Vereinigung solcher Atome in verschiedener Anzahl ist, daraus folgt, dass die Mengen Chlor, die mit einem anderen Atom eine Verbindung eingehen, unter einander in ganzzahligen Verhältnissen stehen müssen. Dagegen ist es ohne die Annahme der Atome ausserordentlich schwer sich vorzustellen, warum z. B. in den zwei Verbindungen von Chlor mit Eisen das Chlor, das mit derselben Menge Eisen verbunden ist, genau in dem Verhältnis 2 : 3 ist, und nicht das Eisen sich mit Chlor in allen Verhältnissen mischt wie Zucker in Wasser. Das Fehlen einer andern annehmbaren Vorstellung, welche dem Gesetze der rationalen Verhältnisse in der chemischen Verbindung gerecht wird, ist die älteste unter den Hauptstützen des Atomismus.

Die Chemie fordert also die begrenzte Teilbarkeit, sie zeigt uns aber keineswegs, wo die Grenze liegt. Es wären die Atome

nicht weniger brauchbar in den chemischen Formeln, wenn man sie alle ersetzen würde durch dasselbe Vielfache des ursprünglichen Wertes. Mit anderen Worten: bis jetzt spielen nur die Verhältnisse der Atomgewichte eine Rolle. Dies ist so sehr der Fall, dass man in der Tat ein Atomgewicht, dasjenige des Wasserstoffs, willkürlich gleich 1 gesetzt und daraus die anderen abgeleitet hat. Denkt man sich dazu, dass die so gewonnenen Zahlen in Gramm ausgedrückte Massen bedeuten, so erhält man die Reihe der Grammatome. Es tritt dann aber an uns die Aufgabe, die Anzahl wahrer Atome in einem Grammatom, die sogenannte Avogadro'sche Zahl zu bestimmen. Ihre Kenntnis ist viel jüngeren Datums, wie die bewusste Aneignung des Begriffs der chemischen Atome und bedeutet wieder einen wichtigen Fortschritt. Sie ist vor kurzem der Gegenstand eines Vortrages von Prof. Dr. Zangger an dieser Stelle selbst gewesen, ich kann mich daher hier kurz fassen.

Die Avogadro'sche Zahl ist ausserordentlich gross: $68{,}5 \times 10^{22}$, sie ist wohl mit einer Genauigkeit von 1 Prozent bekannt. Es seien nur die zumteil von einander sehr weit abliegenden Erscheinungen erwähnt, welche gestatten, diese Zahl zu bestimmen. Sie lässt sich ableiten aus den Beobachtungsdaten über die Kompressibilität der Gase, aus ihrer Dielektrizitätskonstante. Prof. Zangger hat Gelegenheit gehabt, Sie auf die Brown'sche Bewegung aufmerksam zu machen, mit Hülfe welcher er selbst eine Bestimmung dieser Zahl gemacht hat, und zu zeigen, dass diese Erscheinung einen greifbareren Beweis liefert für die Atomistik, wie alle früheren Überlegungen. Sie zeigt nämlich die Bewegungen der Moleküle ebenso direkt etwa, wie das Schaukeln eines Kahns ein Beweis ist für die Existenz der Wellen.

Eine andere Bestimmung dieser Zahl ist von J. J. Thomson vorgenommen worden, durch Beobachtung der Fallgeschwindigkeit eines elektrisch geladenen, aus gleichen Wasserkügelchen bestehenden Nebels. Eine weitere geht hervor aus der Messung der von einem glühenden Körper ausgestrahlten Energie und ihrer spektralen Verteilung.

Es ist gewiss sehr auffallend, dass so viele verschiedene Messmethoden, welche sich auf so verschiedene Gebiete der Wissenschaft verteilen, zu übereinstimmenden Werten führen. Es ist nichts besser geeignet das Zutrauen in die Realität der Atome zu kräftigen. Es zeigt sich, dass die Atomistik nicht zu diesen vorläufigen „Arbeitshypothesen“ gehört, die die Tatsachen bis zu einem gewissen Grade umfassen, und dann weiter zu Widersprüchen führen, sondern dass sie die ganze Natur beherrscht.

Ich habe es absichtlich bis jetzt unterlassen, von einer letzten Gruppe von übereinstimmenden Bestimmungen der Avogadro'schen

Zahl zu sprechen, nämlich derjenigen, die auf die Erscheinungen der Radioaktivität beruhen. Sie bedeuten nämlich einen weitern Schritt vorwärts in der Gewissheit und verdienen eine besondere Erwähnung. Es handelt sich um den Vorgang der α-Strahlen, welche in mit grosser Geschwindigkeit abgeschleuderten elektrisch geladenen Heliumatomen bestehen. Setzt man einen fluoreszierenden Schirm aus Zinkblende dieser Strahlung aus, so sieht man das Auftreffen jedes einzelnen Heliumatoms durch ein momentanes Aufleuchten. Es sieht unter der Lupe der Schirm aus wie ein Sternhimmel aus lauter momentan aufflackernden und sofort verlöschten Sternen. Es ist dies die erste Erscheinung, in welcher die Wirkung eines einzelnen Atoms unsern Sinnen zugänglich wurde. Die oben erwähnten Bestimmungen der Avogadro'schen Zahl bestehen in dem direkten oder indirekten Zählen dieser abgeschleuderten Heliumatome.

Die Atomistik der zweiten Stufe, die sich abgibt mit den Bestandteilen der Atome, nimmt ihren Anfang mit der zuerst von Helmholtz ausgesprochenen atomistischen Struktur der Elektrizität. Da jedes Atom, welches auch seine Natur sei, beim Wandern durch einen elektrolytischen Trog dieselbe Elektrizitätsmenge mit sich führt, so lag die Annahme einer körnigen Struktur der Elektrizität nahe; denn so erklärt sich der sehr eigentümliche Sachverhalt von selbst: Jedes Atom, sei es Kupfer, Silber, Natrium oder Wasserstoff, ladet sich, bevor es die leitende Flüssigkeit von einer Elektrode zur andern durchkreuzt, mit einem Atom Elektrizität und gibt dasselbe bei seiner Ankunft wieder ab. Die Saumtiere sind sehr verschiedener Art, es gibt deren so viele wie chemische Elemente, aber jedes trägt die gleiche Last. Diese Elementarladung, dieses Atom der Elektrizität ist sehr klein, es beträgt $1{,}4 \times 10^{-19}$ Coulomb. Sie hat den Namen Elektron erhalten.

Diese Anschauung hat sich sehr fruchtbar erwiesen. J. J. Thomson und seine Schule, welche sich in den letzten Jahrzehnten des verflossenen Jahrhunderts zur Aufgabe gestellt hatten, die noch wenig bekannten Erscheinungen der elektrisch leitenden Gase zu erforschen, haben gefunden, dass diese Leitfähigkeit durch Gasmoleküle bedingt ist, von denen jedes entweder eine positive oder negative Menge der Elektrizität trägt, die genau gleich ist dem Helmholtz'schen Atom der Elektrizität. Es sind dies die in der letzten Zeit vielgenannten Gasionen.

Ein weiterer Fortschritt kam von der Untersuchung der elektrischen Entladungen in den sehr verdünnten Gasen. In den 70er Jahren hatte Crookes über die von Hiltorf entdeckten im hohen Vakuum entstehenden Strahlen eine Reihe von glänzenden und sehr suggestiven Versuchen angestellt, auf welche er seine Hypothese

der strahlenden Materie aufbaute. Es sollte nach ihm in diesen extrem verdünnten Gasen ein Zustand der Materie zur Geltung kommen, der sich als vierter an die altbekannten festen, flüssigen und gasförmigen Zustände anreihen sollte. Obwohl sich die Crookes'sche Hypothese in dieser einfachen Form unhaltbar zeigte, enthielt sie doch ein Körnchen Wahrheit.

Es gelang nämlich später zu zeigen, dass die Erscheinungen der Crookes'schen strahlenden Materie, die unter dem von Goldstein herrührenden Namen der Kathodenstrahlen bekannter sind, aus negativ elektrisch geladenen Teilchen bestehen, deren Ladung gerade gleich ist dem Helmholtz'schen Atom der Elektrizität, deren Masse aber gleich ist 1/2000 derjenigen des leichtesten Atoms, des Wasserstoffatomes. Sie bestehen also aus dem mit der Eigenschaft der Trägheit ausgestatteten Elektron, welches in dieser Weise der wohlbekannten alten Materie näher gerückt erscheint, sich aber durch die ausserordentliche Kleinheit seiner Masse von allen bekannten Atomen unterscheidet.

Theoretiker der Physik, unter denen namentlich H. A. Lorentz und der leider zu früh verstorbene Drude zu nennen sind, haben gezeigt, dass wenn man annimmt, dass im Innern der Atome derartige Körperchen mit der angegebenen Ladung und der genannten Masse zirkulieren, man mit ihrer Hilfe eine befriedigende Theorie der wichtigsten optischen, elektrischen und kalorischen Erscheinungen aufbauen kann. Es wäre dies schon genug, um in den Atomen die Existenz einesteils von nach Art von Planeten herumkreisenden gebundenen Elektronen, und andernteils von einem Schwarm von freien Elektronen, die zwischen den Atomen eines Metalles herumirren, anzunehmen. Aber diese Annahmen werden ausserordentlich gestützt dadurch, dass es neben den erwähnten Kathodenstrahlen noch eine Reihe von Erscheinungen gibt, wo diese Elektronen aus den Metallen austreten, wobei ihre Ladung und ihre Masse messbar werden. Lässt man Licht auf die blanke Fläche eines elektropositiven Metalls, wie Zink, Natrium, Rubidium usw. fallen, so lösen die Lichtschwingungen Elektronen aus dem Metallverband, die mit charakteristischer Geschwindigkeit abgeschleudert werden. Sogar die Temperaturerhöhung genügt: bei heller Weissglut gibt eine Platinfläche zahlreiche Elektronen ab, eine Erscheinung, die von Richardson ausführlich untersucht worden ist. Endlich hat vor kurzem Haber gezeigt, dass eine chemische Reaktion, z. B. zwischen einem der Alkalimetalle und Phosgengas auch das Hinausschleudern von Elektronen verursacht.

Weitere Aufklärung über die Beziehungen des Elektrons zur

Materie lieferte die Entdeckung der radioaktiven Substanzen. Das Uran, oder das Radium, besteht aus Atomen, die eine begrenzte Lebensdauer haben. Es erreicht während jeder Sekunde einen gewissen Prozentsatz dieser Atome das Geschick: sie gehen in einer Explosion zugrunde. Dieser Prozentsatz ist schwach beim Uran, stärker beim Radium, aber die Art der Erscheinung ist dieselbe. Das Resultat ist die Bildung eines Atomes von kleinerem Atomgewicht wie das ursprüngliche, der Fehlbetrag wird in der Gestalt der Geschosse, aus denen die α und β Strahlen bestehen, mit grosser Geschwindigkeit abgeschleudert.

Meistens ist das so entstandene leichtere Atom seinerseits nicht stabil, es explodiert mehr oder weniger bald zu einem noch leichteren Atom mit Abgabe von α oder β Teilchen, oder beiden Arten zugleich, und so fort, bis schliesslich ein stabiler Zustand erreicht wird. Die explodierten Radiumatome werden zu denjenigen der Emanation, die nichts anderes ist, wie ein radioaktives Gas. Die Emanationsatome leben im Durchschnitt nur vier Tage, aus ihnen entstehen die Atome des Radium A, die noch weniger beständig sind. Und so werden alle Stufen von einer Reihe von labilen Substanzen Radium B, Radium C bis Radium G zurückgelegt. Dieses letztere ist identisch mit dem ursprünglich in unabhängiger Weise entdeckten Polonium, welches seinerseits vergänglich ist. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass die explodierten Poloniumatome Blei liefern.

Nun sind alle α Strahlen, die aus den verschiedensten radioaktiven Atomen herrühren, elektrisch geladene Heliumatome, und in der Tat haben Ramsey und Soddy bei den radioaktiven Vorgängen das Vorhandensein von Helium als Nebenprodukt nachgewiesen. Es wird dadurch die Vermutung des Heliumatoms als universeller Baustein in dem Atomverband nahegelegt.

Die β Strahlen sind Elektronen. Da, abgesehen von den radioaktiven Erscheinungen, die obenerwähnten Gründe für die Existenz der Elektronen in allen Atomen sprechen, wird sicherlich der Charakter des Elektrons als universeller Bestandteil aller Materie noch besser fundiert erscheinen, wie derjenige des α Teilchens oder Heliumatoms.

Nach diesem kurzen Überblick über die Geschichte und den heutigen Zustand der Vorstellungen über die Materie soll jetzt noch ihr Zusammenhang mit den Beobachtungstatsachen eines engern, aber gerade für die Atomistik fruchtbaren Gebietes, mit den magnetischen Erscheinungen besprochen werden.

Jeder Magnet besitzt einen Nordpol und einen Südpol. Die Stärke eines Magnetes ist nicht nur bedingt durch die Stärke der Pole, sondern auch durch ihren Abstand. Auch sehr starke Pole, die aber in nächster Nähe zu einander gelegen wären, würden keine wesentliche Fernwirkung ausüben, denn sie würden sich gegenseitig aufheben. Es hat sich vorteilhaft gezeigt als Mass für die Stärke eines Magnetes einzuführen sein magnetisches Moment, d. i. das Produkt aus Polstärke mal Poldistanz. Das ist schon aus diesem Grunde zweckmässig, als beim Zerbrechen eines Magnetes die Summe der magnetischen Momente der Stücke gleich ist dem Momente des ursprünglichen ganzen Magnetes. Es hat also auch einen Sinn zu sprechen von dem magnetischen Moment pro Volumeinheit, es ist dies die Intensität der Magnetisierung. Gelangt man beim Verkleinern eines Magnetes bis auf das Molekül, so erhält man das Molekularmoment.

Nun gibt es aber nicht nur permanente Magnete, sondern auch Stoffe, wie das weiche Eisen, die unter dem Einflusse der magnetischen Kraft, oder des Magnetfeldes, wie man sich auch ausdrückt, magnetisch werden, ähnlich wie die Körper in dem elektrischen Felde elektrische Eigenschaften annehmen. Hier war das zunächstliegende die Übertragung der für die Elektrizität bewährten Vorstellungen auf den Magnetismus. Poisson hat angenommen, dass die magnetische Influenz in der Trennung der magnetischen Fluida besteht. Aber diese Vorstellung, die sich bis zu einem gewissen Grade mit Erfolg durchführen lässt, erklärt nicht alle Tatsachen. Während die elektrische Influenz, wie stark auch die elektrische Kraft sei, mit ihr proportional anwächst, erreicht das influenzierte magnetische Moment eine Grenze, die bei noch so starkem Magnetfeld nicht überschritten werden kann. Man sagt die Substanz sei gesättigt. Die Poisson'sche Vorstellung gibt keine Erklärung für die Sättigung. Es war daher ein bedeutender Fortschritt, als Wilhelm Weber eine neue Hypothese aufstellte, welche die Sättigung in ungezwungener Weise darstellt. W. Weber nimmt an, dass jedes Molekül ein kleiner unveränderlicher Magnet ist. So lange das Eisen im neutralen Zustande ist, liegen diese Moleküle wirr durcheinander und die Fernwirkungen der benachbarten entgegengesetzten Pole heben sich auf. Wirkt aber ein allmählich anwachsendes Feld, so nähern sich die Molekularmagnete progressive dem Parallelismus und wenn die Magnete genau gleich gerichtet sind, kann ein weiteres Anwachsen des Feldes nichts mehr ausrichten; die Sättigung ist erreicht.

Die Einführung der Molekularmagnete hat sich vielseitig bewährt; ich werde hier nur einen Spezialfall erwähnen, der durch ein

Experiment demonstriert werden kann. Stellt man sich diese Molekularmagnete als um Axen drehbar vor, etwa wie kleine Bussolen, und nimmt man an, diese Axen seien alle parallel, so wird man wohl den Magneten alle Richtungen geben können in der Ebene senkrecht zu den Axen, nicht aber sie aus dieser Ebene heraus-

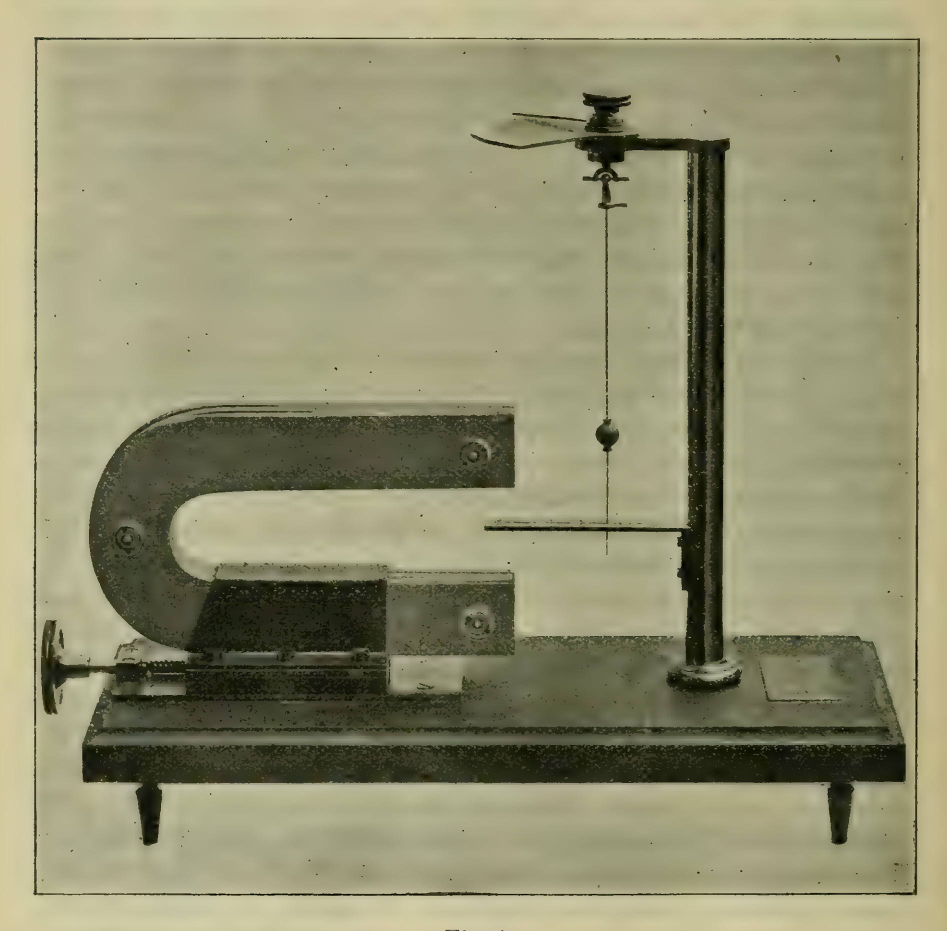


Fig. 1.

drehen können. Es ist in der Tat der Magnetkies oder Pyrrhotin so gebaut. Es können die Molekularmagnete nur die Richtungen annehmen, welche parallel sind der Basisfläche des hexagonalen Prismas, in welchem diese Substanz kristallisiert. Diese magnetische Ebene ist der Sitz aller magnetischen Eigenschaften. Nähert man einen Magneten dem Kristall in einer solchen Lage, dass er eine Orientierung der Molekularmagnete in dieser Ebene hervorruft, so wird die Substanz angezogen, nähert man ihn so, dass sein Feld senkrecht zu dieser Ebene wirkt, so verhält sich die Substanz ebenso

indifferent wie Kupfer. In dem in Fig. 1 abgebildeten Apparat ist eine kleine Kugel aus Pyrrhotin an einem Universalgelenk aufgehängt. Es gestattet dies, sie mit ihrer magnetischen Ebene entweder senkrecht oder parallel zu dem Felde eines Stahlmagneten zu präsentieren. In dem ersten Falle ist sie indifferent, in dem zweiten springt sie an den Pol von einer Distanz von mehreren Centimetern.

Es ist ohne weiteres klar, dass es eine der Hauptaufgaben der physikalischen Forschung sein wird, die Grösse der Molekularmomente, resp. Atommomente, der magnetischen Substanzen zu bestimmen. Es ist dies aber der experimentellen Technik nur in der allerletzten Zeit gelungen und zwar namentlich weil früher nicht die genügende theoretische Einsicht in die Verhältnisse vorlag.

Wir wollen zuerst einen Fall besprechen, wo die Atommomente mit einem Aufwand von Voraussetzungen bestimmt werden können, der kaum über die grundlegende W. Weber'sche Hypothese in Verbindung mit den üblichen mechanischen Begriffen hinausgeht. Wir erfahren durch den Umstand, dass der Magnetisierung in einem Körper jedwelche Richtung gegeben werden kann, dass der Drehung der Atommagnete die elastischen Kräfte im Inneren der Substanz keine unüberwindlichen Schwierigkeiten entgegensetzen. Mit anderen Worten, die potentielle Energie widersetzt sich im allgemeinen nur wenig dagegen, dass wir alle Atommagnete durch ein äusseres Feld parallel richten. Es ist dies der schon besprochene Zustand der magnetischen Sättigung. Messen wir jetzt das Moment des Grammatoms nach wohlbekannter Methode, so ist der Wert, den wir erhalten, beeinflusst durch den Umstand, dass die Elementarmagnete wegen der Wärmebewegung schwingen und daher nur ausnahmsweise mit ihrer magnetischen Axe parallel dem Felde liegen. Es wird dadurch das magnetische Moment zu klein gefunden. Dieser Fehler wird nur vermieden in der Nähe des absoluten Nullpunktes, wo jede Wärmebewegung aufhört. Es ist dies das Interesse der Messungen der magnetischen Momente von Eisen und Nickel, die Kamerlingh Onnes und ich bei der Temperatur des flüssigen Wasserstoffs, nur 20° über dem absoluten Nullpunkt, also bei —253° unserer gewöhnlichen Skala ausgeführt haben. Wir haben gefunden für das Moment des Grammatoms

Eisen 12 360
Nickel 3 370

Es verhalten sich diese Werte genau wie 11 : 3. In der Tat:

$$12\,360 : 11 = 1\,123{,}6$$
$$3\,370 : 3 = 1\,123{,}3$$

Den weiteren Ausführungen vorgreifend erwähnen wir gleich, dass die hier zum ersten Male angetroffene Eigenschaft eine allge-

meine sein wird. Alle Momente der magnetischen Atome haben dasselbe gemeinsame Mass: 1123,5. Später wurde das Atommoment des Kobaltes, das nur nach Überwindung besonderer Schwierigkeiten erreicht werden konnte, von Herrn O. Bloch bestimmt. Er fand: 8,94 mal den obigen Wert; also mit dem Genauigkeitsgrad der Versuche die ganze Zahl 9.

Dieses gemeinsame Mass lässt sich deuten als einen und denselben Elementarmagnet, der im Eisenatom 11, im Nickelatom 3, im Kobaltatom 9 mal vorkommt. Ich nenne diesen Elementarmagnet „das Magneton". Da sich obige Zahl auf das Grammatom bezieht, so ist sie auch als Grammmagneton zu bezeichnen. Dividiert man sie durch die Avogadro'sche Zahl, so erhält man das magnetische Moment

$$16{,}4 \cdot 10^{-22}$$

des Magneton selbst.

Um zu weiteren Bestimmungen von Atommomenten zu gelangen ist es notwendig, sich auf eine kinetische Theorie der paramagnetischen Erscheinungen zu berufen. Es gibt nämlich neben den stark magnetischen Metallen eine viel grössere Anzahl von Stoffen, deren Atome magnetische Momente besitzen, denen aber aus hier nicht im Detail zu besprechenden Gründen wegen der starken durch nichts bekämpften Wärmebewegung mit den verfügbaren Feldern auch nicht angenähert parallele Richtungen gegeben werden können. Es können daher diese Momente nur indirekt aus den schwachen paramagnetischen Erscheinungen berechnet werden. Langevin hat zuerst die nötige Theorie ausgearbeitet für die paramagnetischen Gase, deren einziger Vertreter der Sauerstoff ist. Ich habe gezeigt, dass sie angewendet werden kann auf die Lösungen der paramagnetischen Salze und habe dann sofort eine grössere Anzahl von Atommomenten erhalten.

Ich gebe hier eine Figur (Fig. 2), welche die Resultate zusammenfasst. Sie enthält eine Skala aus vertikalen Linien in gleichen Abständen, welche von 0 bis 32 numeriert sind und die ganzen Zahlen der Magnetonen darstellen. Die voll ausgezogenen Linien entsprechen den geraden, die strichpunktierten den ungeraden Zahlen. Diese Skala ist mit Hülfe des obigen, aus dem Vergleich der absoluten Sättigungsintensität von Eisen und Nickel abgeleiteten Wertes des Magnetons gezeichnet worden. Die durch vertikale Pfeile bezeichneten Werte auf der ersten horizontalen Linie liegen daher nach Definition auf den Strichen. Die zwei von O. Bloch bei tiefen Temperaturen auf den Metallen selbst beobachteten Werte sind auf derselben Horizontalen durch liegende Kreuze eingetragen worden. Auf der zweiten Horizontalen sind eine Reihe von absoluten Sättigungsintensitäten der ferromagnetischen Substanzen bei höheren Temperaturen, die

weiter unten besprochen werden sollen, dargestellt. Auf der dritten und vierten Horizontalen befinden sich die durch Kreise bezeichneten Atommomente aus den von Pascal ausgeführten Messungen über paramagnetische Lösungen. Auf diese Lösungen bezieht sich auch die Legende unterhalb der Figur.

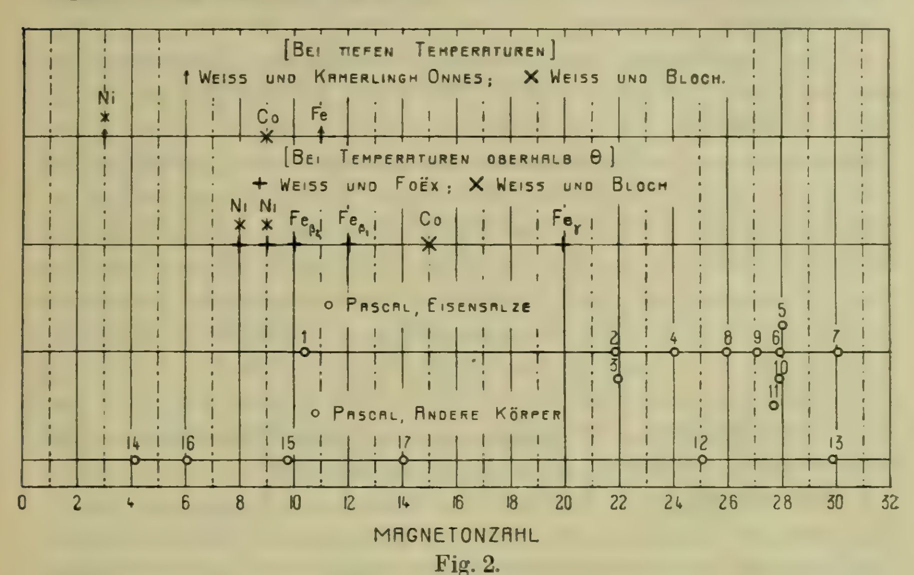


Fig. 2.

1. K u. Amm. Ferricyanid
2. Fe u. Amm. Pyrophosphat
3. Fe u. Amm. Citrat
4. Na Ferripyrophosphat
5. Na Ferrimetaphosphat
6. Ferrichlorid
7. Ferrisulfat
8. K Ferrometaphosphat
9. Na Ferrooxalat
10. Na Ferropyrophosphat
11. Ferrosulfat
12. Kobaltchlorid
13. Manganosulfat
14. K Permanganat
15. Cu Sulfat
16. Cu u. Amm. Sulfat
17. Uranosulfat

Aus der näheren Betrachtung dieser Figur geht, ebenso wie aus der Diskussion dieser Resultate, für welche ich auf die ausführliche Abhandlung verweise, eine sehr eigentümliche Eigenschaft dieser Atommomente hervor. Ein und dasselbe Atom hat nicht immer dasselbe Moment. So zum Beispiel stellen die Punkte 2, 4, 8, 6, 7 die Werte der Momente des Eisenatoms in einer Reihe von verschiedenen Zuständen chemischer Bindung dar. Nebenbei gesagt, die grösseren Momente werden geliefert durch die Verbindungen, in welchen das Eisen auch am intensivsten chemisch reagiert. Man sieht aber sofort, dass die genannten fünf Punkte sich in gleichen Abständen befinden, und dass dieser Abstand gleich zwei mal dem oben bestimmten Magneton-

werte sind. Also genügen wieder diese Atommomente der gefundenen Regel: sie sind ganze Vielfache des Magnetons.

Sie führen uns also zu einer Verallgemeinerung der Weber'schen Voraussetzung. Ein Atom hat nicht ein bestimmtes Moment, sondern je nach den Umständen verschiedene, die aber stets ganze Vielfache des Magnetons bleiben.

Die Ausdehnung der kinetischen Theorie des Paramagnetismus auf die festen paramagnetischen Substanzen scheint auf den ersten Blick unzulässig. Es ist schwierig sich vorzustellen, dass in den festen Körpern die Beweglichkeit der Moleküle eine genügende sein könne, um den Gesetzen der statistischen Mechanik, auf welcher die kinetische Theorie beruht, ihre Gültigkeit zu lassen. Führt man aber doch die Rechnung durch, wie wenn die Theorie zulässig wäre, so findet man wieder mit einer bemerkenswerten Annäherung ganzzahlige Vielfache des Magnetons. Es scheint hiermit gleichzeitig der Beweis geliefert zu sein, dass die Schwierigkeiten, die sich der Anwendung der Theorie in den Weg legen, überschätzt worden sind und dass auch die magnetischen Atommomente der festen Verbindungen ebenfalls Vielfache desselben Elementarmomentes sind.

Ein weitgehender Aufwand von Theorie ist notwendig, um die Momente der starkmagnetischen, der ferromagnetischen Substanzen, wie man sie nennt, bei anderen Temperaturen wie in der Nähe des absoluten Nullpunktes zu ermitteln. Dies leistet die Theorie des molekularen Feldes. Auf ihre Darstellung kann hier nicht eingegangen werden, ich begnüge mich mit der Angabe einiger Resultate: Die eine Gruppe derselben ist in der Fig. 3 dargestellt, in welcher in einer in den ausführlichen Abhandlungen im Detail nachzusehenden Weise die Beobachtungen über den Magneteisenstein in Abhängigkeit der Temperatur eingetragen worden sind. Die markierten Punkte (unterer Linienzug) befinden sich in auffallender Weise auf vier Geraden, die entweder unmittelbar oder auch in dem einen Falle mit einer Übergangskurve c d aneinanderstossen. Die Art des Zusammenstossens ist nebensächlich, wesentlich dagegen, dass die Theorie lehrt, dass eine Substanz in einem bestimmten Zustande eine einzige Gerade ergeben muss. Man war daher mit dem Magneteisenstein auf einen Stoff getroffen, der in dem in der Figur dargestellten Bereich sich in vier verschiedenen Zuständen darbietet. Es kommt dazu ein fünfter Zustand, der in das Bereich der ausserhalb des Rahmens der Figur befindlichen Temperaturen zwischen 900° und 1200° fällt. Berechnet man für diese Zustände die magnetischen Momente, so findet man, dass sie in den Verhältnissen sind von 4 : 5 : 6 : 8 : 10. Es nimmt also das Moment des Magnetitmoleküles zu vier verschiedenen Malen

zu bei steigender Temperatur, und zwar um einmal oder zweimal den vierten Teil des ersten Wertes, den es in dieser Versuchsreihe besitzt. Man sieht in der Tat, dass von dem gezeichneten Linienzug, welcher den oben angegebenen exakten Verhältnissen entspricht, die markierten Beobachtungen keinerlei systematische Abweichung zeigen.

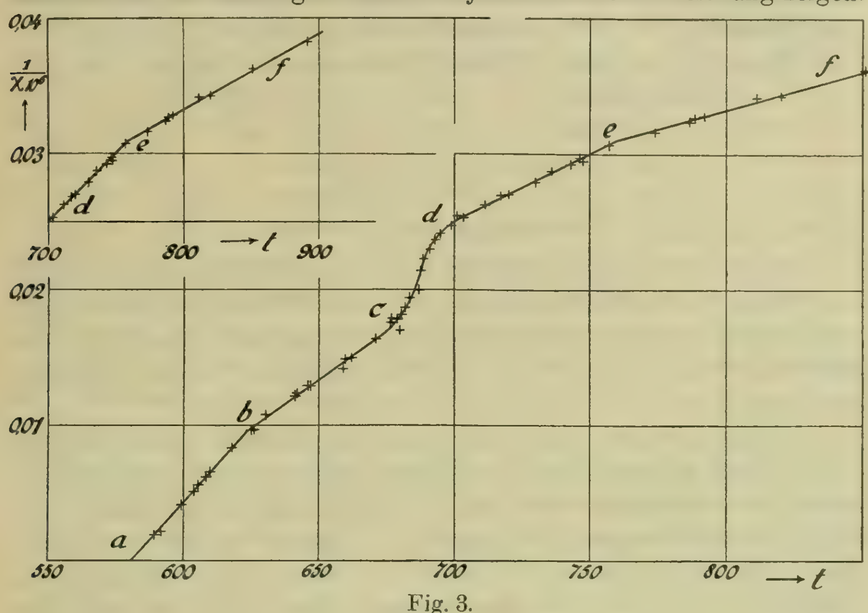


Fig. 3.

Es war dies das erste Mal, dass die Erscheinung angetroffen wurde, dass ein und dasselbe Molekül eine Reihe von magnetischen Momenten annehmen kann, die zueinander in durch einfache ganze Zahlen ausdrückbaren Verhältnissen stehen. Ähnliches zeigen die Metalle bei hohen Temperaturen. Ich werde nur kurz darauf hinweisen. Ihre Atommomente sind dargestellt in der zweiten horizontalen Reihe der Fig. 2, wo man sich sofort überzeugt, dass auch sie ganze Vielfache des Magnetons sind. In einer ersten Reihe von Messungen, die Herr Foëx unter meiner Leitung ausgeführt hat, hat sich ergeben:

$Nickel_a$	8,03	Magnetonen
$Nickel_b$	9,03	„
β_1 Eisen	12,08	„
β_2 Eisen	10,04	„
γ Eisen	19,95	„

also mit aller wünschbaren Genauigkeit ganze Zahlen. Eine zweite Reihe von Versuchen von Herrn Bloch hat zunächst obige Werte für das Nickel bestätigt und hat die weiteren Werte:

Kobalt,	erste Bestimmung	15,008	Magnetonen
„	zweite „	14,925	„

hinzugefügt; also wieder mit dem Genauigkeitsgrad der Versuche einer ganzen Zahl.

Fassen wir jetzt die z. B. für das Nickel nach den verschiedenen Methoden und in den verschiedenen Zuständen gewonnenen Resultate zusammen, so können wir nicht umhin, die grosse Verschiedenheit der Momente eines und desselben Atoms nochmals zu betonen:

Nickel in der Nähe des absol. Nullpunktes	3	Magnetonen
„ oberhalb 400°	8	„
„ „ 900°	9	„
„ in den Lösungen der Nickelsalze	16	„

Überblick und Schluss.

Ich habe durch Anwendung der kinetischen Theorie des Magnetismus auf die gelösten paramagnetischen Substanzen, auf die para- und ferromagnetischen festen Körper eine grössere Anzahl von auf den ersten Blick scheinbar nicht leicht erreichbaren Molekularmomenten bestimmt.

Es ist so die sehr merkwürdige Eigenschaft zutage getreten, dass ein und dasselbe Atom je nach der Temperatur, der chemischen Bindung verschiedene magnetische Momente annehmen kann. Alle diese Momente stehen untereinander in ganzzahligen Verhältnissen. Man kann daher unter den verschiedenen Momenten desselben Atoms zunächst ein gemeinsames Mass finden. Dann kann man sich vergewissern, dass dieselbe Untersuchung für ein anderes Atom dasselbe gemeinsame Mass liefert. Dieses gemeinsame Mass aller Atommomente hat den Namen Magneton erhalten.

Wenn man annimmt, was sehr wahrscheinlich scheint, dass dieses Elementarmoment in einem materiellen Substratum, welches wohl eine schwere Masse besitzen wird, seinen Sitz hat, so wird man sagen können: das Magneton ist ein gemeinsamer Baustein einer grossen Zahl von magnetischen Atomen und wahrscheinlich aller. Bis jetzt ist der Beweis geführt für: Fe, Ni, Co, Cr, Mn, V, Cu, U.

Beschränkt sich diese Eigenschaft auf die magnetischen Elemente? Der Fall des Kupfers und des Sauerstoffs, die je nachdem sie in Verbindung oder frei sind, magnetisch oder diamagnetisch sein können, derjenige des Jodquecksilberkaliums, in welchem durch die Verbindung von drei diamagnetischen Elementen mindestens eins magnetisch wird, zeigen, dass keine unüberschreitbare Grenze gezogen werden kann.

Aber die Verwandtschaft mit einem scheinbar sehr entlegenen Gebiete der Wissenschaft, mit den Gesetzen der Serienspektren, spricht sehr zugunsten des Magnetons als universellen Bestandteil der Materie. Man weiss, dass W. Ritz einen elektromagnetischen

Mechanismus ersonnen hat, welcher Rechenschaft gibt von der Verteilung der Linien in den Serien, welche das Balmersche Gesetz und verwandte Gesetze befolgen. Der Ritzsche Mechanismus ist an und für sich sehr bestechend und wird durch den hoffnungslosen Misserfolg der anderweitigen Versuche, namentlich derjenigen mit elastischen Schwingungen, wahrscheinlicher gemacht. Er besteht, was den Teil betrifft, der hier in Betracht kommt, aus magnetischen Stäbchen von gegebenem Moment, die gleich gerichtet und zu mehreren zu einem festen geradlinigen Magneten miteinander verbunden sind.

Dieses Organ reproduziert gerade den Magneten mit konstantem aliquoten Teil, zu welchem wir gelangt sind. Die Serienspektren aber sind in vielen Atomen beobachtet worden, von welchen die Mehrzahl diamagnetisch ist. Allerdings ist die Identität des Ritzschen Elementes und des Magnetons nicht bewiesen, aber sie scheint wahrscheinlich, und mit ihr die Existenz des Magnetons in allen Atomen.

Welches werden jetzt die Folgen der Aneignung dieses neuen Begriffes sein? Zunächst liefert er ein neues Hülfsmittel zur Untersuchung und geordneten Beschreibung der magnetischen Eigenschaften der Materialien. Fragen, deren Komplexität entmutigend schien, können jetzt in Angriff genommen werden, und einige neue Resultate haben schon gezeigt, wie berechtigt diese Hoffnungen sind.

Der bei Gelegenheit der paramagnetischen Lösungen erwähnte Parallelismus zwischen den chemischen Eigenschaften und den Magnetonzahlen wirft neue Fragen auf. Welche Rolle spielen die magnetischen Erscheinungen in der chemischen Verbindung? Sind die chemischen Kräfte Anziehungen von Elementarmagneten? Können die Valenzen in dem einen oder anderen Fall den Magetonen gleichgesetzt werden?

Die Art der Umwandlung, die ein Körper erleidet, dessen Magnetonzahl sich ändert, ist noch sehr dunkel und verlangt für sich untersucht zu werden. Sie ist nicht eine allotrope Umwandlung im gewöhnlichen Sinne des Wortes, denn der Fall des Magneteisensteins zeigt, dass das Molekül durch diese Umwandlungen hindurch seine Masse und seinen Bau beibehält. Kostet diese Umwandlung Energie? Gibt es andere äussere Kennzeichen, die sie begleiten? Es ist bis jetzt auf diese letztere Frage nur in einem Punkte möglich, zu antworten: Das molekulare Feld, welches die orientierenden Wechselwirkungen in den ferromagnetischen Körpern ausdrückt, erleidet gleichzeitig mit der Magnetonzahl eine Änderung.

Denkt man sich für einen Moment die Existenz dieser kleinen Elementarmagnete, die alle einander gleich sind und in den Atomen

in grosser und je nach den Versuchsbedingungen verschiedener Zahl vorkommen, als von vornherein gegeben, so wird ihre experimentelle Demonstration als von den grössten Schwierigkeiten umgeben erscheinen. Die magnetischen Momente sollten Resultanten bilden, welche zu ihrer Grösse keine einfache Beziehung mehr haben. Es scheint, dass man, um sie zu fassen, irgendeine Ausnahmeerscheinung abwarten müsse, ähnlich derjenigen, die das Elektron aus dem Atom schleudert. Die Leichtigkeit, mit welcher sie sich kundgeben, der Ausnahmecharakter der Fälle, wo sie der Beobachtung entgehen, sind der Ausdruck einer wichtigen Eigenschaft. Es ist in der Tat wunderbar, dass diese Elementarmagnete, wenn sie überhaupt eine materiell getrennte Existenz haben, immer so gelagert sind, dass ihre Momente sich algebraisch addieren, das heisst parallel, wenn nicht sogar in derselben Geraden. Es ist vielleicht ebenso eigentümlich, dass unter den vorhandenen Messungen so wenige die Idee von Gemischen von Molekülen mit verschiedenen Magnetonzahlen erwecken. Es ist wahrscheinlich, dass derartige Gemenge in den konzentrierten Lösungen der magnetischen Salze existieren, von denen Königsberger und Meslin gezeigt haben, dass sie mit der Konzentration veränderliche Magnetisierungskoeffizienten besitzen. Man kann aber fragen, ob die Ausgleichung der Magnetonzahlen nicht eine der Gleichgewichtsbedingungen der gleichartigen Moleküle untereinander wäre.

Nach dem Elektron, welches die neueren Ideen über die diskontinuierliche Struktur der Elektrizität zum Ausdruck bringt, bedeutet das Magneton eine ähnliche Evolution in der Darstellung der magnetischen Erscheinungen.

Mit dem Magneton gelangen wir zu einem dritten universellen Baustein der Materie, der wie das Elektron und das α Teilchen in vielen Atomen, und wahrscheinlich in allen vorkommt. Das Altertum glaubte an die Einheit der Materie. Die Alchemisten wollten bei ihren Versuchen, Gold zu machen, diesen Glauben in greifbare Realität verwandeln. Erst die Begründer der modernen Chemie am Ende des 18., in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts haben, indem sie die Unveränderlichkeit der Elemente zum Dogma erhoben, die immer im Stillen gehegte Vorliebe einer einheitlichen Substanz, fern von den wohlfundierten Gesetzen, in den Hintergrund gerückt. Und nun kommen wir allmählich, durch die neugewonnenen Kenntnisse über allen Atomen gemeinschaftliche Bestandteile, der Universalität der Materie wieder näher.

Mitteilungen aus dem botanischen Museum der Universität Zürich. (LVI.)

1.

Beiträge zur Kenntnis der afrikanischen Flora. (XXIV.)

(Neue Folge.)

Herausgegeben von Hans Schinz (Zürich).

Mit Beiträgen von

Dr. **Albert Thellung** (Zürich) und Prof. Dr. **Hans Schinz** (Zürich).

Amarantaceae africanae.

Hans Schinz (Zürich).

Da ich in bezug auf die Umgrenzung der Gattungen, spez. der afrikanischen Genera dieser Familie in mehrfacherer Hinsicht abweiche von den beiden Bearbeitungen der Amarantaceen in Dyers Flora Capensis und in dessen Flora of tropical Africa und auch, mindestens teilweise, über ein reicheres Material, besonders aus dem südwestlichen Afrika verfüge als Cooke and Wright einer- und als Baker and Clarke anderseits, werde ich in der Folge in zwangloser Reihenfolge — nach Massgabe des Vorschreitens meiner Bearbeitung der ganzen Familie — die verschiedenen Gattungen gedrängt monographisch behandeln, in erster Linie nun einmal die afrikanischen Genera.

Hermbstaedtia Rchb.

Consp. (1828), 164; Moq. in DC. Prodr. XIII/2, 246; Baillon Hist. des Pl., 215; Benth. et Hook. Gen. Pl. III, 25; Schinz in Engl. und Prantl Natürl. Pflanzenfam. III, Ia, 91; Cooke and Wright in Dyer Fl. Cap. V, 405; Baker and Clarke in Dyer Fl. trop. Afr. VI, 25 pr. p. — *Berzelia* Mart. Beitr. Amarant. (1827), 84 non Brongn. — *Langia* Endl. Gen. (1837), 304. — *Hyparete* Rafin. Fl. Tell. III (1838), 43. — *Pelianthus* E. Mey. fide Moq. in DC. Prodr. XIII, 2 (1849), 246.

Blüten zwitterig, einzeln in der Achsel von Tragblättern, zu lang- oder kopfigährigen Blütenständen vereinigt, mit je zwei Vorblättern. Perianth fünfteilig, häutig spelzenartig, weiss, rosa bis bräunlich. Staubbeutel auf sehr kurzen, spitzen Staubfäden zwischen den ± tief zweilappigen, sie ± überragenden Pseudostaminodien. Griffel kurz oder verlängert, mit 2, meist 3, selten 4 oder 5 Narben.

Frucht von den Tepalen umschlossen, durch Kreisschnitt sich öffnend, wenigsamig. Kräuter oder Halbsträucher, kahl oder behaart, mit meist schmalen, wechselständigen Laubblättern.

1. Griffel mit 4 bis 5 Narben **H. rubromarginata.**
1*. Griffel mit 2 bis 3 Narben.
 2. Blütenstand gedrungen kopfig.
  3. Perianth bräunlich strohgelb **H. glauca.**
  3*. Perianth weiss oder schwach rosenrot **H. capitata.**
 2*. Blütenstand verlängertährig.
  4. Griffel lang, mit herausragenden Narben **H. laxiflora.**
  4*. Griffel ± kurz.
   5. Laubblätter breitverkehrteiförmig **H. Gregoryi.**
   5*. Laubblätter linealisch, spatelförmig bis schmal verkehrteiförmig.
    6. Blüten weiss.
     7. Rhachis kahl **H. caffra.**
     7. Rhachis behaart { **H. transvaalensis.** **H. damarensis.** }
    6*. Blüten rosa- oder kupferrot.
     8. Laubblätter bogig zurückgekrümmt **H. odorata.**
     8*. Laubblätter nicht bogig zurückgekrümmt **H. elegans.**

H. glauca (Wendl.) Moq. in DC. Prodr. XIII/2 (1849), 247; Cooke and Wright in Dyer Fl. Cap. V, 406. — *Celosia glauca* Wendl. hort. Herr. (1798–1801), 4 t. 2 non Rottl. et Willd. — *Berzelia glauca* Mart. Beitr. Amarant. (1827), 84. — *Langia glauca* Endl. ex Moq. l. c. — *Hyparete glauca* Rafin. Fl. Tell. III (1838), 44.

Ausdauernd; aufrechte Staude, verzweigt, wachsbereift, gerieft, im übrigen mit stielrunden Zweigen. Laubblätter spärlich, linealisch spatelförmig, stumpf, ungestielt, 1½ bis 2 mm breit, 12 bis 24 mm lang, kahl. Blütenstände gestielt, kugelig, gedrungen. Tepalen bräunlich strohgelb, stumpf und von einem Spitzchen überragt, ± derb, bis 6 mm lang. Staubfadenröhre ± ungeteilt oder mit kurzen 2lappigen Pseudostaminodien. Griffel kurz, mit 3 Narben.

KAPKOLONIE (Klein-Namaland): Büffelfluss, Schlechter 11270; sandige und steinige Stellen bei Spektakel, Bolus 685, 9441; Naroep, Schlechter; Verleptpram am Oranjefluss, Drège 2910.

H. caffra (Meisn.) Moq. in DC. Prodr. XIII 2 (1849), 246; Cooke and Wright in Dyer Fl. Cap. V, 406. — *Lestiboudesia caffra* Meisn. in Hook. London Journ. Bot. II (1843), 549. — *Pelianthus celosioides* E. Mey. ex Moq. l. c. (1849), 246. — *Hermbstaedtia recurva* C. B. Clarke in Dyer Fl. trop. Afr. VI (1909), 25 pr. p.

Ausdauernd, aufrecht, unterwärts halbstrauchigen Charakter tragend, oberwärts verzweigt, kahl; Stengel gerieft. Laubblätter länglich spatelförmig, meist in einen kurzen Blattstiel zusammengezogen, 20 bis 42 mm lang und 4½ bis 9 mm breit, obere meist schmäler und entsprechend kleiner. Blütenstände meist verlängert, mitunter auch kurz. Tepalen weiss, länglich lanzettlich, ± 5 mm lang. Pseudostaminodien die fertilen Staubblätter überragend, zweilappig mit spitzen Abschnitten. Griffel ganz kurz, mit 2 bis 3 Narben.

NATAL: am Waldrand unfern des Umlaas-Flusses, Krauss 37; bei Durban, Gerrard 779; Port Natal, Drège 4685; Mudd, Poddio; Inanda, Wood 77.

Nach den Angaben in Dyers Fl. Cap. und Fl. trop. Afr. sollte *H. caffra* Moq. zweinarbige Griffel besitzen, ich kann diese Angabe nicht bestätigen, sondern konstatiere, dass an unserem Material der als „Krauss 37“ verteilten Nummern sowohl zwei- wie dreinarbige Blüten zu finden sind! Das wirft allerdings ein höchst bedenkliches Licht auf den systematischen Wert der Narbenzahl, auf die namentlich Clarke so gern abstellt.

H. odorata (Burch.) T. Cooke in Dyer Fl. Cap. V (1910), 407. — *Hermbstaedtia elegans* Moq. var. *recurva* Moq. in DC. Prodr. XIII/2 (1849), 247. — *Celosia odorata* Burch. Trav. inter. south. Afr. I (1822), 389. — *Celosia recurva* Burch. Trav. inter. south. Afr. II (1824), 226.

Ausdauernd, zirka 30 cm hoch, verzweigt, gerieft, kahl. Laubblätter beinahe ungestielt, ± linealisch, bogig zurückgekrümmt, nahezu kahl, 6 bis 25 mm lang. Blütenstand 12 bis 50 mm lang und 6 bis 12 mm breit. Tepalen bis 6 mm lang, nach Burchell rosarot. Pseudostaminodien zweilappig. Narben 3.

KAPKOLONIE: Westgriqualand, Griquastadt, Burchell 2111; zwischen Spuigslang Fontein und dem Vaal River, Burchell 1712; ? Warrenton, Adams 144 C. A.; Hopetown, Rehmann 3332.

H. elegans Moq. in DC. Prodr. XIII 2 (1849), 247; Cooke and Wright in Dyer Fl. Cap. V, 407; Baker and Clarke in Dyer Fl. trop. Afr. VI, 26.

Ausdauernd, bis ½ m hoch, verzweigt, Zweige aufstrebend. Laubblätter 20 bis 36 mm lang und 3 bis 6 mm breit, stumpf oder spitzlich,

nach dem Grunde zu zusammengezogen, untere und mittlere länglich spatelförmig, obere schmal linealisch. Blütenstände anfangs dreieckig eiförmig, später verlängert, Tepalen ± 6 mm lang, spitz, schlank, meist von bräunlichgelber Farbe. Pseudostaminodien zweilappig, schlank. Griffel ganz kurz, mit 3 Narben.

SÜDAFRIKA: *1. ZENTRAL-REGION:* Hopetown, Bolus; zwischen Kimberley und Vaalrivier, Schenck 818.

2. KALACHARI-REGION: sehr weit verbreitet.

3. ÖSTL. REGION: Ufer des Umzinyati-Flusses, Sutherland; Delagoa-Bai, Monteiro 47, Junod 22, 373, Schlechter 11558, Wilms 1257, O. Kuntze.

H. damarensis[1]) C. B. Clarke in Dyer Fl. trop. Afr. VI (1909), 26.

Stark verzweigt, ausdauernd; Laubblätter verkehrtlanzettlich bis lanzettlich oder elliptisch, bis 4 cm lang und ± 4 mm breit, allmählich gegen den Grund zu zusammengezogen, stumpf oder spitz, weisslich berandet, anfangs zerstreut behaart, später kahl. Stengel gerieft. Blütenstände ± 8 cm lang und länger, gestielt, oberwärts dicht-, unterwärts unterbrochenblütig. Tepalen 6 bis 7 mm lang, mukronat, am Rande weiss, sonst rosarot gefärbt. Pseudostaminodien schlank, zweilappig. Fruchtknoten stark oblong; Griffel sehr kurz, dreinarbig.

HEREROLAND: (ohne nähere Standortsangabe) Een; Otavi (im Hamburger Museum 43); Abobib, Nord-Anis (Hamburger Museum 13).

H. transvaalensis Lopr. in Engl. Bot. Jahrb. XXX (1901), 105 et in Malpighia XIV, 429; Cooke and Wright in Dyer Fl. Cap. V, 408.

Ausdauernd, Zweige aufrecht, kahl oder schwach behaart; Laubblätter gestielt, verkehrtlanzettlich, linealisch verkehrtlanzettlich oder länglich verkehrtlanzettlich, gegen den Grund zu zusammengezogen, stumpf, kahl oder fast kahl. Blütenstände kegelförmig oder zylindrisch kegelförmig, 2 bis 3 cm lang. Tepalen eiförmig lanzettlich, ± 5 mm lang. Pseudostaminodien zweischnittig. Griffel sehr kurz, dreinarbig.

---

[1]) Ich schreibe **damarensis** und nicht dammarensis und glaube auf Grund der Wienerregeln § 57 hiezu berechtigt zu sein. Die Verdoppelung des m in Damara ist gar nicht notwendig, glücklicherweise auch gar nicht gebräuchlich. Überhaupt bedaure ich, dass in Dyers Fl. trop. Afr. Damara- und Hereroland kunterbunt durcheinander gehen, da doch Damaraland und Hereroland ein und dasselbe bedeuten. Ich habe an anderer Stelle (Schinz, Deutsch-Südwest-Afrika, Forschungsreisen) nachgewiesen, woher die beiden Bezeichnungen abzuleiten sind, habe vorgeschlagen, an der Bezeichnung Hereroland für die Zukunft festzuhalten und freue mich, dass im allgemeinen in Deutschland dieser Vorschlag angenommen worden ist. Die Beibehaltung beider Benennungen schafft nur Irrtümer über Irrtümer.

KAPKOLONIE: Modderriver-Station, Otto Kuntze.

TRANSVAALKOLONIE: bei Lydenburg, Wilms 1254, Penther 1809; Boshveld, Klippan, Rehmann 5284; Boshveld, Elandsriver und Elandsdrift, Rehmann.

GROSS-NAMALAND: Rehoboth, Fleck 24, 24b; Hornkranz, Fleck 50.

HEREROLAND: Nels (ohne nähere Standortsangabe); Eros, Dinter 1250; Miss Kolbe und Lüderitz (ohne nähere Standortsangabe).

H. laxiflora Lopr. in Engl. Bot. Jahrb. XXX (1901), 105 et in Malpighia XIV, 430; Cooke and Wright in Dyer Fl. Cap. V, 406.

Kahle Staude. Laubblätter gestielt, verkehrtlanzettlich oder länglich lanzettlich bis spatelförmig, nach dem Grunde zu zusammengezogen, abgerundet oder stumpf, obere merklich kleiner, mitunter von einer kleinen Spitze überragt. Blütenstand armblütig, verlängert, zugespitzt, Blüten im untern Teile des Blütenstandes entfernt, oberwärts gedrängt. Tepalen eiförmig lanzettlich, $\pm$ 4 mm lang. Pseudostaminodien kaum 1 mm lang, unregelmässig zweischnittig. Griffel die Tepalen überragend, dreinarbig.

MOSSAMBIK: Ressano Garcia, auf Hügeln, Schlechter 11876.

H. Gregoryi C. B. Clarke in Dyer Fl. trop. Afr. VI (1909), 26.

Halbstrauch mit verkehrteiförmigen, abgerundeten, am Grunde stark zusammengezogenen, $\pm$ 20 mm langen und $\pm$ 10 mm breiten Laubblättern. Blütenstände sehr dicht. Tepalen $\pm$ 4 mm lang. Pseudostaminodien tief zweischnittig. Narben 3.

BRITISCH OSTAFRIKA: Tana-Fluss, Gregory.

H. rubromarginata C. H. Wright in Dyer Fl. Cap. V (1910), 408 et in Kew Bull. (1910), 228.

Ausdauernde Pflanze mit kantigen, behaarten, rötlichen Stengeln. Laubblätter verkehrtlanzettlich, $\pm$ 12 mm lang und 2 bis 3 mm breit, stumpf, am Grunde zusammengezogen, rotberandet. Blütenstände ährig, dichtblütig, 3 cm lang. Trag- und Vorblätter eiförmig, $\pm$ 2 mm lang. Tepalen rosenrot, breit eiförmig, $\pm$ 5 mm lang, innere etwas schmäler als die äussern. Staubfäden pfriemlich, Pseudostaminodien zweilappig, so lang wie die Staubfäden (?, Schinz). Fruchtknoten eiförmig, mit 4 bis 5 Narben, zirka sechssamig.

TRANSVAALKOLONIE: Warmbath, Leendertz 1326.

H. capitata Schinz nov. spec.

Annua, ramosa, ramis erectis vel ascendentibus; foliis lineari-oblanceolatis, sessilibus, subcarnosis, obtusis; spicis terminalibus, capitatis vel ovoideis; bracteis et bracteolis persistentibus, acuminatis;

floribus congestis; tepalis inaequalibus, ± roseis; tubo stamineo perigonio breviore; pseudostaminodiis apice obtusis et breviter bifidis, mucrone laciniis breviore; utriculo elongato; stylo brevi; stigmatibus 3; seminibus 2, nitidis, nigris.

TRANSVAALKOLONIE: in arenosis pr. Sandfontein, 1430 m, Schlechter 4239, bl. u. fr. 19. I. 1894.

Einjährige, spannenhohe, vom Grunde an reich verzweigte Pflanze, deren Äste wohl zum Teil aufsteigend und überdies gerieft, oberwärts zerstreut drüsig behaart sind. Die sehr spärlich vorkommenden Laubblätter sind linealisch verkehrtlanzettlich, fast fleischig, meist der Länge nach gefaltet, zerstreut papillös, ± 15 mm lang. Blütenstände endständig, kopfig oder kopfig eiförmig, 10 bis 20 mm lang, dichtblütig. Die Tepalen sind weiss oder mit rosenroter Mediane versehen, lanzettlich, spitz; die zwei äussern sind ± 4 mm, die innern ± $4^1/_2$ mm lang. Trag- und Vorblätter eiförmig lanzettlich, zugespitzt. Die Staubfadenröhre misst zirka 3 mm, die sterilen Lappen sind etwa $^3/_4$ mm hoch und kurz zweischnittig; die Filamentspitze ist verschwindend kurz. Der etwa 3 mm hohe Fruchtknoten ist lang tonnenförmig, fast walzlich, ± $1^1/_2$ mm dick; der ± $^1/_2$ mm lange Griffel trägt drei kurze Narben. Die zu zweien in einer Kapsel vorkommenden Samen sind glänzend schwarz und glatt.

Die wohl mit unserer Art verwandte *H. odorata* (Burch.) Cooke hat kugelig eiförmige Fruchtknoten.

Hinsichtlich der Gattungsumgrenzung ist zu bemerken, dass ich in dieser Beziehung an meiner ursprünglichen Auffassung (Engler und Prantl, Natürl. Pflanzenfam. III, Ia [1893], 100) festhalte und damit also auch jener Lopriore's in Engl. Bot. Jahrb. XXX (1901), 4 und 102 beipflichte, während Baker und Clarke (in Dyer Fl. trop. Afr. VI [1909], 25) den Begriff der Gattung *Hermbstaedtia* bedeutend weiter fassen, indem sie auch noch *Gomphro-Hermbstaedtia* und *Pseudohermbstaedtia*, die wir als zwei Sektionen der Gattung *Celosia* zuteilen, zu *Hermbstaedtia* stellen.

Im übrigen gestehe ich unumwunden, dass mich die Bearbeitung der Gattung *Hermbstaedtia* und der beiden genannten, von Lopriore und mir zu *Celosia* gestellten Sektionen noch keineswegs befriedigt, nichtsdestoweniger muss ich mich vorläufig damit begnügen, da mir von einzelnen Arten Belegexemplare unzugänglich und andere Arten bis jetzt nur durch je eine Nummer vertreten sind (*H. laxiflora, transvaalensis, damarensis, rubromarginata, Gregoryi*).

Derselbe Umstand ist es auch, der mich keinen eigenen Schlüssel aufstellen lässt und mich zwingt, mich an Dyers Fl. Cap. zu halten. Ich habe bereits darauf hingewiesen, dass meine englischen Kollegen

an „Krauss 37" ausnahmslos dreinarbige Griffel konstatiert haben wollen, wogegen ich ganz unzweifelhaft an dem mir zur Verfügung stehenden Exemplare unseres Universitätsherbars mindestens ebensoviele drei- wie zweinarbige Blüten vorfinde. Für *H. laxiflora* hebt Lopriore als wesentliches Merkmal die Kleinheit der Pseudostaminodien hervor; es ist möglich, dass dieses Merkmal konstant ist, die Untersuchung eines einzigen Exemplares gibt mir aber noch nicht die genügende Gewähr hiefür, nachdem ich in der Ausbildung der sterilen Staubfadenröhren-Abschnitte eine verwirrende Variation habe feststellen können. Wenn diesem Merkmal aber nicht die Bedeutung zukommen sollte, die ihm Lopriore zuschreiben will, dann sähe ich nicht ein, wodurch sich eigentlich *H. transvaalensis* und *laxiflora* unterscheiden sollten und würde man diese beiden Arten vereinigen, wozu man vielleicht doch noch kommt, dann erheben sich wiederum Schwierigkeiten im Hinblick auf die Unterscheidung von *H. damarensis* von der eben erwähnten „Collectivart". Wie verwickelt die Dinge hier liegen, zeigt auch der Umstand, dass z. B. Baker und Clarke *Celosia recurva* Burch. mit *Hermbstaedtia caffra* Moq. vereinigt haben, wogegen Cooke und Wright hievon nichts wissen wollen und *Celosia recurva* Burch. als verschieden von *H. caffra* Moq., dagegen als identisch mit *Celosia odorata* Burch. aufgefasst wissen wollen und doch haben allen vier Autoren dieselben Originale vorgelegen!

Ich habe nun allerdings meinerseits sowohl vom Britischen Museum wie von Kew einzelne Blüten der fraglichen Arten erhalten. ich habe mich indessen davon überzeugen müssen, dass damit nichts anzufangen war, einmal waren die Blüten zum Teil geradezu zerquetscht und anderseits spricht doch auch der Habitus selbst bei den Amarantaceen zum Teil mit.

Ich muss daher alle diese Fragen vorläufig noch offen lassen.

Synonymik.

Hermbstaedtia angolensis C. B. Clarke in Dyer Fl. trop. Afr. VI (1909), 29 = **Celosia Welwitschii** Schinz.

Hermbstaedtia argenteiformis Schinz in Abh. Bot. Ver. Brand. XXXI (1890), 209 = **Celosia argenteiformis** Schinz.

Hermbstaedtia elegans Moq. var. recurva Moq. in DC. Prodr. XIII/2 (1849), 247 = **H. odorata** (Burch.) T. Cooke.

Hermbstaedtia falcata C. B. Clarke in Dyer Fl. trop. Afr. VI (1909), 27 = **Celosia falcata** Lopr.

Hermbstaedtia Fleckii C. B. Clarke in Dyer Fl. trop. Afr. VI (1909), 28 = **Celosia Fleckii** Schinz.

Hermbstaedtia linearis Schinz in Abh. Bot. Ver. Brand. XXXI (1890), 210 = **Celosia linearis** Schinz.

Hermbstaedtia longistyla C. B. Clarke in Dyer Fl. trop. Afr. VI (1909), 28 = **Celosia longistyla** (C. B. Clarke) Schinz.

Hermbstaedtia recurva C. B. Clarke in Dyer Fl. trop. Afr. VI (1909) = **H. elegans** Moq.

Hermbstaedtia scabra Schinz in Abh. Bot. Ver. Brand. XXXI (1890), 209 = **Celosia scabra** Schinz.

Hermbstaedtiae Schinzii C. B. Clarke in Dyer Fl. trop. Afr. VI (1909), 27 = **Celosia Schinzii** (C. B. Clarke) Schinz.

Hermbstaedtia spathulaefolia J. G. Baker in Dyer Fl. trop. Afr. VI (1909), 29 = **Celosia spathulaefolia** Engl.

Hermbstaedtia Welwitschii Baker in Kew Bull. (1897), 278 = **Celosia argenteiformis** Schinz.

Sericocoma Fenzl

in Endl. Gen. Suppl. III (1842) et in Linnaea XVII, 323; Moq. in DC. Prodr. XIII/2, 306; Benth. et Hook. Gen. Pl. III, 30; Baillon Hist. d. Plant., 204; Schinz in Engl. und Prantl Natürl. Pflanzenfam. III, Ia, 106; Baker and Clarke in Dyer Fl. trop. Afr. VI, 41; Cooke and Wright in Dyer Fl. Cap. V, 416.

Blüten entweder zwitterig und einzeln in den Achseln der Tragblätter oder die Partialblütenstände aus 1 bis 3 fertilen, zwitterigen und aus auf einfache Dornspitzen umgewandelten sterilen Blüten bestehend. Trag- und Vorblätter mit langen Seidenhaaren bekleidet. Tepalen am Grunde etwas vereinigt, aber nicht verhärtend, lang seidig behaart, eiförmig lanzettlich, innere etwas schmäler. Pseudostaminodien klein, ± länglich eiförmig, oft papillenartig, selten 0 (*S. avolans*). Fruchtknoten behaart, ohne Horn; Narbe ± unscheinbar, kopfig.

Verzweigte, kahle oder behaarte Halbsträucher mit gegen- oder wechselständigen Laubblättern. Blütenstände ährig oder kopfig.

1. Partialblütenstände aus einzelnen Blüten bestehend.
    2. Blüten auffallend klein **S. heterochiton.**
    2*. Blüten verhältnismässig gross
        3. Laubblätter linealisch **S. avolans.**
        3*. Laubblätter eiförmig bis elliptisch **S. squarrosa.**

1*. Partialblütenstände aus fertilen und sterilen Blüten bestehend **S. pungens.**

S. avolans Fenzl in Linnaea XVII (1843), 328; Moq. in DC. Prodr. XIII/2, 307; Cooke and Wright in Dyer Fl. Cap. V, 417 pr. p. — *Sericocoma capensis* (E. Mey.) Moq. in DC. Prodr. XIII/2 (1849), 307. — *Eurotia capensis* E. Mey. ex Moq. in DC. Prodr. XIII/2 (1849), 307.

Halbstrauch mit kahlen oder pubeszierenden Zweigen und gegen- oder wechselständigen, kurzgestielten oder ganz ungestielten, kahlen, fast fleischigen, linealischen oder linealisch lanzettlichen, grannig zugespitzten, ± 25 mm langen und $1^1/_2$ mm breiten Laubblättern. Blütenstand endständig, ährig, eiförmig, langseidig braun- oder rehbraun behaart. Pseudostaminodien klein, ± eiförmig oder fehlend (Zeyher 1432 bald mit, bald ohne!).

KAPKOLONIE: Zwischen Lospers Plaats und Springbok Kuil Rivier, Zeyher 1439; zwischen Dwyka Rivier und Zwartbulletje Rivier, Drège; bei Graaff Reinet, Bolus 812; Murraysbay, bei Snyders Kraal, Tyson 422; Bitterwater am Gamkafluss, Drège 895; Beaufort West, Otto Kuntze; Hantam-Gebirge, Meyer; Verleptpram, Drège 3066.

GROSS-NAMALAND: Inachab, Dinter 980.

S. pungens Fenzl in Linnaea XVII (1843), 326; Moq. in DC. Prodr. XIII/2, 308; Baker and Clarke in Dyer Fl. trop. Afr. VI, 41; Cooke and Wright in Dyer Fl. Cap. V, 417. — *Eurotia glabra* E. Mey. ex Moq. in DC. Prodr. XIII/2 (1849), 308.

Aufrechter Halbstrauch mit sparrigen, ± starren, pubeszierenden Zweigen. Laubblätter fast ungestielt, länglich bis lanzettlich bis länglich verkehrteiförmig, dick und fast fleischig, mit einer Weichstachelspitze, bis 10 mm lang und bis 5 mm breit. Blütenstand kugelig. Vorblätter zugespitzt. Tepalen 10 bis 12 mm lang. Pseudostaminodien ± eiförmigoblong.

KAPKOLONIE: Hügel am Oranjefluss bei Verleptpram, Drège 3067.

— — var. **longearistata** Schinz in Engl. Bot. Jahrb. XXI (1895), 181. — *Sericocoma leucoclada* Lopr. in Engl. Bot. Jahrb. XXVII (1899), 45, 47.

Zweige weiss filzig behaart. Tragblätter, Vorblätter und Tepalen langgrannig zugespitzt, ± 17 mm lang.

KAPKOLONIE: Hantam Gebirge, Meyer; ohne nähere Standortsangaben, aber sicher aus der Kap-Kolonie stammend, Lichtenstein und ebenso Fleck 22 a.

Entgegen Baker und Clarke l. c. halte ich *longearistata* nach wie vor für etwas verschieden vom Typus, obschon ich mit den Genannten darin übereinstimme, dass auch beim Typus die Zweige

durchaus nicht durchwegs kahl und braun sind; dies der Grund, warum ich die Spielart nicht mit Lopriore l. c. zum Range einer Art erhebe und daher Lopriores Name einziehe.

S. heterochiton Lopr. in Engl. Bot. Jahrb. XXVII (1899), 45 et in Malpighia XIV, 19.

Mehrjährige, holzige, verzweigte Pflanze. Laubblätter gegenständig, schmal linealisch, mit Weichstachelspitze, 30 bis 50 mm lang und $^1/_2$ bis $1^1/_2$ mm breit. Blütenstand endständig, kurzährig, armblütig. Vorblätter dicht seidig behaart. Tepalen $\pm$ $3^1/_2$ mm lang, gleicherweise mit langen Seidenhaaren versehen. Pseudostaminodien kurz, $\pm$ papillenartig.

HEREROLAND: Otjimbingue, Fischer 193; Barmen in Ritzen von Glimmerschieferfelsen, Dinter 521.

S. squarrosa Schinz in Engl. Bot. Jahrb. XXI (1895), 182.

Strauchartig; Stengel tief gefurcht, filzig behaart, später verkahlend. Laubblätter wechselständig, ungestielt oder verschwindend kurz gestielt, eiförmig oder breitelliptisch, am Grunde abgerundet oder verschmälert, stumpf oder spitz, fast fleischig, behaart, bis 10 mm lang und bis 5 mm breit. Blütenstand länglich eiförmig, 25 bis 30 mm lang. Blüten einzeln in der Achsel breiteiförmiger Tragblätter. Von den beiden breiteirunden Vorblättern ist das äussere durch einen basalen, aus- und aufwärts geschlagenen Lappen ausgezeichnet. Tepalen innen rauh, $\pm$ 6 mm lang. Pseudostaminodien schmal; Filamente fadenförmig, zweimal länger als die sterilen Zipfel. Griffel 3 mm lang.

GROSS-NAMALAND: | Aus, Schinz 2000; ! Gubub, Dinter 975, 978.

Synonymik.

Sericocoma ? alternifolia C. B. Clarke in Dyer Fl. trop. Afr. VI (1909), 42 = **Neocentema alternifolia** Schinz.

Sericocoma angustifolia Hook. in Benth. et Hook. Gen. Pl. III (1880), 30 = **Cyphocarpa angustifolia** (Hook.) Lopr.

Sericocoma Bainesii Hook. in Benth. et Hook. Gen. Pl. III (1880), 31 = **Leucosphaera Bainesii** (Hook.) Gilg.

Sericocoma capensis Moq. in DC. Prodr. XIII/2 (1849), 307 = **Sericocoma avolans** Fenzl.

Sericocoma capitata Moq. l. c., 308 = **Calicorema capitata** (Moq.) Hook.

Sericocoma Chrysurus Meisn. in Hook. Lond. Journ. Bot. II (1843), 547 (err. typ. 447) = **Cyphocarpa trichinioides** (Fenzl) Lopr.

Sericocoma Chrysurus Meisn. l. c. var. *angustifolia* Moq. in DC. Prodr. XIII/2 (1849), 308 = **Cyphocarpa angustifolia** (Hook.) Lopr.

Sericocoma denudata Hook. in Benth. et Hook. Gen. Pl. III (1880), 30 = **Marcellia denudata** (Hook.) Lopr.

Sericocoma leucoclada Lopr. in Engl. Bot. Jahrb. XXVII (1899), 45 = **Sericocoma pungens** Fenzl var. **longearistata** Schinz.

Sericocoma Nelsii Schinz in Engl. und Prantl Natürl. Pflanzenfam. III, 1a (1893), 107 = **Nelsia quadrangula** (Engl.) Schinz.

Sericocoma pallida Moore in Journ. of Bot. (1877), 70 = **Sericocomopsis pallida** (Moore) Schinz.

Sericocoma quadrangula Engl. in Bot. Jahrb. X (1889), 7 = **Nelsia quadrangula** (Engl.) Schinz.

Sericocoma remotiflora Hook. in Benth. et Hook. Gen. Pl. III (1880), 30 = **Sericorema remotiflora** (Hook.) Schinz.

Sericocoma sericea Schinz in Engl. Bot. Jahrb. XXI (1895), 181 = **Sericorema sericea** (Schinz) Lopr.

Sericocoma shepperioides Schinz in Bull. Herb. Boiss. sér. 2, I (1901), 872 = **Calicorema capitata** (Moq.) Hook.

Sericocoma somalensis Moore in Journ. of Bot. (1877), 70 = **Chionothrix somalensis** (Moore) Hook.

Sericocoma trichinioides Fenzl in Linnaea XVII (1843), 324 = **Cyphocarpa trichinioides** (Fenzl) Lopr.

Sericocoma Welwitschii Hook. in Benth. et Hook. Gen. Pl. III (1880), 30 non Baker = **Marcellia Welwitschii** (Hook.) Lopr.

Sericocoma Welwitschii Baker in Kew Bull. (1897), 278 non Hook. = **Nelsia quadrangula** (Engl.) Schinz.

Sericocoma Zeyheri (Moq.) Engl. in Bot. Jahrb. X (1889), 6 = **Cyphocarpa Zeyheri** (Moq.) Lopr.

Marcellia Baillon

in Bull. Soc. Linn. Paris I (1886), 625 et in Hist. des Pl., 209; Lopriore in Engl. Bot. Jahrb. XXVII, 40; Baker and Clarke in Dyer Fl. trop. Afr. VI, 49. — *Sericocoma* Fenzl subgen. *Newtonia* Schinz in Engl. Bot. Jahrb. XXI (1895), 183.

Blüten knäuelig gehäuft zu Partialblütenständen vereinigt. Letztere aus je zwei fertilen und zwei sterilen Blüten bestehend. Sterile Blüten zu zweiästigen, von wolligen Seidenhaaren umkleideten Dornspitzen umgewandelt, fertile Blüten nicht schnabelförmig vorgezogen. Tepalen 5, oblong, aussen wollig seidig behaart. Staubblätter 5,

am Grunde zu einer Röhre verwachsen, ohne Pseudostaminodien. Fruchtknoten wollig behaart; Griffel mit kurz pinselförmiger oder kurz kopfiger Narbe.

Aufrechte, krautartige oder halbstrauchige Pflanzen mit linealischen, gegen- oder wechselständigen Laubblättern und gestielten, ährigen Blütenständen.

1. Vorblätter einer Partialinfloreszenz unter sich ungleich **M. Welwitschii.**
1*. Vorblätter einer Partialinfloreszenz unter sich gleich.
  2. Haare der Partialblütenstände weiss; Narbe kopfig **M. splendens.**
  2*. Haare der Partialblütenstände bräunlich oder rosenrotbräunlich; Narbe pinselförmig.
    3. Trag- und Vorblätter rotbraun **M. Dinteri.**
    3*. Trag- und Vorblätter strohgelb **M. denudata.**

M. Welwitschii (Hook.) Lopr. in Engl. Bot. Jahrb. XXVII (1899), 40, t. 1, fig. C. — *Sericocoma Welwitschii* Hook. in Benth. et Hook. Gen. Pl. III (1880), 30 non Baker; Schinz in Engl. Bot. Jahrb. XXI, 183. — *Marcellia mirabilis* Baillon in Bull. Soc. Linn. Paris I (1886), 625; Baker and Clarke in Dyer Fl. trop. Afr. VI, 50; Hiern in Cat. Afr. Pl. Welw. I, 888.

Aufrechte, krautige, mit Ausnahme der Infloreszenz kahle Pflanze mit gegenständigen, lanzettlichen oder linealischen, 2 bis 5 cm langen und ± 1 mm breiten, flachen Laubblättern. Äussere Vorblätter breit verkehrteiförmig, oben ausgerandet, innere spatelförmig, abgerundet, alle rosarot. Blütengrund sich wulstig verdickend. Narbe pinselförmig.

MOSSAMEDES: sandige Stellen am Bero-Fluss bei Cavalheiros, Welwitsch 6508.

M. splendens Schinz in Mém. Herb. Boiss. No. 20 (1900), 16; Baker and Clarke in Dyer Fl. trop. Afr. VI, 51.

Aufrechte, mehrjährige, mit kurzem, schneeweissem Filz bekleidete Pflanze, mit zum Teil gegen-, zum Teil wechselständigen, linealisch verkehrtlanzettlichen, ± 5 cm langen und ± 3 mm breiten, anfänglich kurzfilzigen, später verkahlenden Laubblättern. Blütenstand ± 7 cm lang und etwa $2^1/_2$ cm dick. Partialblütenstände mit silberweissen, langen Haaren. Trag- und Vorblätter breiteiförmig, zart, bespitzt. Tepalen dicht zusammenschliessend, zur Fruchtzeit unterwärts stark verhärtend.

HEREROLAND: im sandigen Flussbett bei Salem, Dinter 152.

M. Dinteri Schinz in Mém. Herb. Boiss. No. 20 (1900), 15; Baker and Clarke in Dyer Fl. trop. Afr. VI, 51.

Halbstrauch von Meterhöhe. Stengel und Zweige stielrund, gerillt, mit einem feinen, schneeweissen, kurzen Filz bekleidet. Laubblätter teils gegen-, teils wechselständig, schmallinealisch, im getrockneten Zustande nach oben eingerollt und filzig behaart, ± 35 mm lang und ± 2 mm breit. Trag- und Vorblätter breiteiförmig, mit rigidem Mittelnerv versehen, der die Spreite als kurze Spitze etwas überragt.

HEREROLAND: Abassi, Dinter 1542; Sorissoris, am Ugabfluss, Gürich 49.

M. denudata (Hook.) Lopr. in Engl. Bot. Jahrb. XXVII (1899), 41; Baker and Clarke in Dyer Fl. trop. Afr. VI, 50; Hiern in Cat. Afr. Pl. Welw. I, 889. — *Sericocoma denudata* Hook. in Benth. et Hook. Gen. Pl. III (1880), 30; Schinz in Engl. Bot. Jahrb. XXI, 183.

Ausgesprochener, mehrjähriger, aufrechter, spärlich verzweigter Xerophyt. Zweige armblätterig, gerillt, in den Rillen flaumig. Laubblätter ± 30 mm lang, linealisch, ± 1 mm breit, kahl oder flaumig, über der Blattrippe der Länge nach zusammengefaltet nach Art eines V; obere Laubblätter wechselständig. Blütenstand ährig, ± 7 cm lang; Rhachis dicht gelbflaumig. Partialblütenstände in den Achseln pubeszierender, eiförmig lanzettlicher Tragblätter. Vorblätter breit eiförmig dreieckig, häutig, kahl oder pubeszierend, spitz mit verdickter Mediane. Haare der sterilen Blütenanlagen goldbraun.

MOSSAMEDES: steinige Litoralzone nahe der Stadt Mossamedes, Welwitsch 6503.

Synonymik.

Marcellia Bainesii (Hook.) C. B. Clarke in Dyer Fl. trop. Afr. VI (1909), 51 = **Leucosphaera Bainesii** (Hook.) Gilg.

Marcellia lanata (Gilg) C. B. Clarke l. c. = **Dasysphaera lanata** Gilg.

Marcellia mirabilis Baillon in Bull. Soc. Linn. Paris I (1886), 625 = **Marcellia Wilwitischii** (Hook.) Lopr.

Marcellia prostrata (Gilg) C. B. Clarke l. c. = **Kentrosphaera prostrata** Gilg.

Marcellia sericea (Schinz) C. B. Clarke l. c. = **Sericorema sericea** (Schinz) Lopr.

Marcellia tomentosa (Gilg) C. B. Clarke l. c. = **Dasysphaera tomentosa** Gilg.

Centemopsis Schinz nov. gen.

Flores hermaphroditi, tribracteati. Tepala triangularia, basi indurata. Pseudostaminodia 5 interjecta, subquadrata, fimbriata. Ovarium pilosum. Stigma simplex. Herbae basi suffrutescentes, erectae, parce ramosae. Folia opposita. Flores sessiles in spicas densifloras, globosas vel cylindraceas congesti. Glomeruli 1- vel 2 flori.

1. Blütenstand ± kugelig — **C. glomerata.**
1*. Blütenstand ± gestreckt.
  2. Stengel rauh — **C. biflora.**
  2*. Stengel glatt.
    3. Blüten rot — **C. rubra.**
    3*. Blüten ± strohfarbig — **C. Kirkii.**

C. biflora Schinz nov. comb. — *Centema biflora* Schinz in Engl. und Prantl Natürliche Pflanzenfam. III, 1 a (1893), 10 et in Engl. Bot. Jahrb. XXI (1895), 183; Baker and Clarke in Dyer Fl. trop. Afr. VI, 56; Gard. Chronicle (1909), 147 fig. 61. — *Psilotrichum rubellum* Baker in Kew Bull. (1897), 279. — *Centema polygonoides* Lopr. in Engl. Bot. Jahrb. XXVII (1899), 48 et in Malpighia XIV, 442.

Eine aufrechte Pflanze mit gerieftem, ± rauhem Stengel und linearlanzettlichen, bis 4 cm langen und ± 3 mm breiten, spitzen oder von einer Weichstachelspitze überragten, anfänglich kurz behaarten, später kahlen Laubblättern. Blütenstand walzenförmig, dichtblütig, von zweiblütigen Partialblütenständen gebildet. Trag- und Vorblätter ± eiförmig lanzettlich, erstere an der Spindel bleibend und zurückgeschlagen nach Abfall der Partialblütenstände. Tepalen länglich, unterwärts sehr rigid, über der Mitte mit Ausnahme der Mittellinie dünnhäutig, braunrot, ± behaart, spitz oder stumpf, mitunter sogar etwas ausgerandet und dann mit Weichstachelspitze. Zur Zeit der Fruchtreife die Tepalen, wie übrigens auch bei den übrigen Arten dieser Gattung, zusammenschliessend und bis zur halben Höhe verhärtet. Pseudostaminodien breit abgestutzt, kurz gefranst. Fruchtknoten spitz eiförmig. Narbe kopfig.

DEUTSCH-OSTAFRIKA: Fischer 14; Kiliua Plateau, Götze 656; Makanja, subruderal, Winkler 3761.

ANGOLA: um Huilla, Welwitsch 6509, Antunes 63, 322; Uumpata, Chella-Berge, Johnston; Uumpata, Bertha Fischer 104.

C. rubra (Lopr.) Schinz nov. comb. — *Centema rubra* Lopr. in Engl. Bot. Jahrb. XXVII (1899), 49 et in Malpighia XIV, 442; Baker and Clarke in Dyer Fl. trop. Afr. VI, 56.

Unterscheidet sich von *C. biflora* wesentlich nur durch die nicht rauhen, sondern glatten Stengel. Die schmallanzettlichen Laubblätter, die für C. rubra charakteristisch sind, kommen z. B. auch bei Welwitsch 6509 (= C. biflora) vor. Zur Entscheidung der Frage der spezifischen Verschiedenheit beider Arten bedarf es weitern Materials.

OSAFRIKA: Massai-Hochland, Alhi-Ebenen, Pospischil; Gebirgstal in Pare, Trotha 269; Njika-Hochebene in Nymkowa im Nyassagebiet, Mc Clounie 46; Salanda, Fischer 560; Bukwaya im Ost-Nyansagebiet, Conrad 366; Buschsteppe zwischen Mangota am Pangani und Mangasee, Uhlig 52; Britisch Ost-Afrika, Kässner 651.

C. glomerata (Lopr.) Schinz nov. comb. — *Centema glomerata* Lopr. in Engl. Bot. Jahrb. XXVII (1899), 49 et in Malpighia XIV, 443; Baker and Clarke in Dyer Fl. trop. Afr. VI, 57.

Aufrecht, mit sparrigen, dünnen Spengeln. Laubblätter schmallinealisch, kahl, 15 bis 25 mm lang und $\pm$ $^{3}/_{4}$ mm breit. Die kugeligen Blütenstände messen im Durchmesser etwa 20 mm; die Tragblätter sind $\pm$ 3 mm lang, $\pm$ $1^{1}/_{2}$ mm breit, mit breiter Mittelrippe versehen und am Rande hyalin. Die den Tragblättern nicht unähnlichen Vorblätter sind am Grunde verwachsen. Die Tepalen sind von fast dreieckigem Umriss, 4 bis 5 mm lang und am Grunde etwa $1^{1}/_{2}$ mm breit. Die Pseudostaminodien sind $\pm$ eiförmig rechteckig.

ANGOLA: Huilla, Antunes.

C. Kirkii (Hook.) Schinz nov. comb. — *Centema Kirkii* Hook. in Benth. et Hook. Gen. Pl. III (1880), 31; Baker and Clarke in Dyer Fl. trop. Afr. VI, 57. — *Achyranthes breviflora* Baker in Kew Bull. (1897), 280.

Ist mir nur aus der Beschreibung in Dyer Fl. trop. Afr. bekannt und diese lässt, abgesehen von der Blütenfarbe, nicht erkennen, wodurch sich eigentlich C. Kirkii von C. rubra unterscheidet. Hiezu kommt noch, dass auch C. rubra der C. biflora unzweifelhaft nahe steht.

BRITISCH-OSTAFRIKA: Zwischen Ribe und den Gallaländern, Wakefield; zwischen Mombasa und Witu, Whyte; Ngomeni, Scott-Elliot 6365; Tanganika-See, Cameron; Westküste des Nyassa-Sees, Kirk, Simons; Likoma-Inseln, Johnson; Elephant Marsh, Scott; zwischen Kondowe und Karonga, Whyte.

Sericorema (Hook.) Lopr.

in Engl. Bot. Jahrb. XXVII (1899), 39; Cooke and Wright in Dyer Fl. Cap. V (1910), 412. — *Sericocoma* Fenzl sect. *Sericorema* Hook. in Benth et Hook. Gen. Pl. III (1880), 30; Schinz in Engl. Bot. Jahrb. XXI, 183.

1, 2 bis 3 zwitterige Blüten mit 1 bis 6 sterilen Blüten in seidenhaarigen Partialblütenständen knäuelig gehäuft. Sterile Blüten zu geweihartig verzweigten, rigiden Dornen umgewandelt, in dichten Büscheln langer Seidenhaare verborgen und von den schnabelartig vorgezogenen fertilen Blüten weit überragt. Staubfäden bandförmig, am Grunde verbunden; Staubbeutel lang, am Grunde pfeilförmig. Pseudostaminodien 0. Fruchtknoten behaart oder kahl, Narbe spindelförmig, unmittelbar dem Ovarium aufsitzend.

Ein- (?) oder mehrjährige Pflanzen mit aufrechtem, kantigem, gestreiftem, meergrünem Stengel und gegen- oder wechselständigen, linealischen oder schmallanzettlichen, dicklichen, spitzen Laubblättern. Blütenstände lang, unterbrochen lockerährig.

1. Fruchtknoten kahl; Tepalen mit rückwärts gekrümmter Spitze **S. sericea.**

1*. Fruchtknoten behaart; Tepalen aufrecht **S. remotiflora.**

S. sericea (Schinz) Lopr. in Engl. Bot. Jahrb. XXVII (1899), 40. — *Sericocoma sericea* Schinz in Engl. und Prantl Natürl. Pflanzenfam. III, 1 a (1893), 107 et in Engl. Bot. Jahrb. XXI, 181. — *Marcellia sericea* C. B. Clarke in Dyer Fl. trop. Afr. VI (1909), 50.

Eine einjährige (?), aufrechte, häufig unverzweigte Pflanze mit dünnem, gefurchtem, oberwärts spärlich wollig behaartem Stengel und mit in der untern Region gegenständigen, in der obern wechselständigen, linealischen, kahlen, bis 5 cm langen und bis 2 mm breiten Laubblättern. Blütenstand ca. 15 cm lang; Partialblütenstände oberwärts ziemlich dicht, unterwärts sehr locker angeordnet, aus je 2 bis 3 fertilen und 4 bis 6, in verästelte, auswärts gekrümmte Dornen umgewandelten, in weissen Seidenhaaren verborgenen sterilen Blüten bestehend. Tepalen linealisch lanzettlich, grannig zugespitzt, aussen dicht seidig behaart, ± 13 mm lang; Dornen ± 3 mm. Fruchtknoten eiförmig.

GROSS-NAMALAND: Veldschoenhorn, Dinter 976; Rehoboth, auf Geröll, Fleck 36 b.

HEREROLAND: Teufelsbach, Dinter 93; Spitzkoppjes bis Kanrivier, Dinter 23; Okahandja, steiniger Boden, Dinter 93.

AMBOLAND: Omandongo, Schinz 2001; Ondonga, Rautanen 379, 380; Uukuanyama, Kestila 113; Ondonga, Liljeblad 197.

KALACHARI: Kwebe-Hügel beim Ngami-See, Lugard 165, 181.

— — var. **atrata** Schinz nov. var.

Flores steriles atrati.

GROSS-NAMALAND: ╪ Kuias, Dr. Range 309.

S. remotiflora (Hook.) Lopr. in Engl. Bot. Jahrb. XXVII (1899), 39; Cooke and Wright in Dyer Fl. Cap. V, 412. — *Trichinium remotiflorum* Hook. Ic. Pl. (1843), t. 596. — *Pupalia remotiflora* Moq. in DC. Prodr. XIII/2 (1849), 333; Sonder in Linnaea XXIII, 97. — *Sericocoma remotiflora* Hook. in Benth. et Hook. Gen. Pl. III (1880), 30; Schinz in Engl. und Prantl Natürl. Pflanzenfam. III, I a, 107.

Stengel krautig, aufrecht. Laubblätter wechselständig, linealisch bis pfriemlich, 5 bis 22 mm lang, kahl. Tepalen schmal lanzettlich, grannig bespitzt, ± 13 mm lang, seidig behaart. Dornspitzen in der braunen Seidenwolle verborgen.

KAPKOLONIE: Vaal-Fluss, Burke 185; Zeyer 1434; Hopetown, Rehmann 3337.

TRANSVAALKOLONIE: bei Matsaba, 730 m, Schlechter 4587.

ORANJEFLUSS-KOLONIE: bei Draaifontein, Rehmann 3645.

GROSS-NAMALAND: felsige Anhöhen um Rehoboth, Fleck 37.

HEREROLAND: östlich von Windhoek, Dinter 866; Orumbo, Dinter 1288.

Die Länge und Dicke der Laubblätter scheint bei verschiedenen Exemplaren verschieden zu sein, so dass man versucht wäre, hierauf mindestens Spielarten zu kreieren und zu benennen; ich sehe davon ab, da ich vermute, dass dies nur Standortsbeeinflussungen sind und weil Dinter 866 und Fleck 37 Übergängen zu entsprechen scheinen.

Sericocomopsis Schinz

in Engl. Bot. Jahrb. XXI (1895), 184; Lopriore in Engl. Bot. Jahrb. XXVII, 41; Gilg in Engl. und Prantl Natürl. Pflanzenfam. Nachträge (1897), 152.

Partialblütenstände aus 1 bis 3 fertilen, reichlich mit seidenartigen Gliederhaaren bekleideten Blüten bestehend. Sterile Blüten fehlend. Pseudostaminodien verkehrteiförmig bis quadratisch, gefranst. Fruchtknoten kahl, mit verlängertem Griffel und unscheinbarer, kopfiger Narbe.

Halbsträucher mit gegenständigen, behaarten Laubblättern und gestrecktährigen, unterbrochenen Blütenständen.

1. Laubblätter mit Sternhaaren **S. pallida.**
1*. Laubblätter mit einfachen Haaren **S. Hildebrandtii.**

S. pallida (S. Moore) Schinz in Engl. Bot. Jahrb. XXI (1895), 185; Lopriore in Engl. Bot. Jahrb. XXVII, 42; Schweinfurth und Volkens in Ghika, pays des Somalis, 201; Gilg in Engl. und Prantl Natürl. Pflanzenfam. Nachträge, 152. — *Sericocoma pallida* S. Moore in Journ. of Bot. (1877), 70. — *Cyphocarpa pallida* C. B. Clarke in Dyer Fl. trop. Afr. VI (1909), 54.

Halbstrauch mit bleich behaarten Zweigen. Laubblätter unterseits graufilzig, oberseits (getrocknet) schmutzigbraun, breit verkehrteiförmig, eiförmig oder elliptisch, stumpf, ± 35 mm lang und ± 30 mm breit, ± 10 mm lang gestielt. Blütenstände endständig, kurz gestielt, ± 6 cm lang. Tragblätter breiteiförmig, mit Sternhaaren besetzt und mit dicklicher Spitze versehen, randwärts häutig, am Grunde mit Gliederhaaren. Vorblätter gleich den Tepalen mit Gliederhaaren; Tepalen lanzettlich, ± 6 mm lang. Staubfäden ± 3 mm lang, fädlich. Griffel ± 3 ½ mm.

OSTAFRIKA: Somalland: Ahlgebirge bis 1500 m, Wolkenregion, Hildebrandt 880; am Modji, Ellenbeck 1098; bei Meid, Gebirgsregion, 1200 m, Hildebrandt 1521; Harradigit, James und Thrupp; Drake-Brockman 361 (Standort ?); Merehan, Robecchi-Bricchetti 626; Bürka, Ghika. — Tarro, Kässner 525; unterhalb Marenga am Kilimandjaro, 800 m, Volkens 551; Kahe am Pangani, Uhlig 97; zwischen Pangani und Himofluss, in der Steppe, Volkens 551; Jäger 129; Strauchsteppe bei Voi, gegen die Buruberge, 500 bis 400 m, Engler 1949.

S. Hildebrandtii Schinz in Engl. Bot. Jahrb. XXI (1895), 184; Lopriore in Engl. Bot. Jahrb. XXVII, 42; Gilg in Engl. Pfl. Ost-Afr. C 172; Gilg in Engl. und Prantl Natürl. Pflanzenfam., Nachträge 152. — *Cyphocarpa Hildebrandtii* C. B. Clarke in Dyer Fl. trop. Afr. VI (1909), 54.

Laubblätter seidig borstig behaart, zum Teil auch ± schmutzig lederbraun, ± 35 mm lang und ± 18 mm breit, lanzettlich oder oblong lanzettlich, spitz oder stumpf, kurz gestielt. Tragblätter gleich den Vorblättern zugespitzt. Tepalen ± 6 mm lang. Griffel ± 4 mm.

OSTAFRIKA: Somalland, Djehle, Ellenbeck; Kilimandjaro, auf Ebenen von Ndi bei Taita, Hildebrandt 2584.

Beide Arten unterscheiden sich von *Leucosphaera* durch den kahlen, nicht behaarten Fruchtknoten und das Vorhandensein von

Pseudostaminodien, von *Cyphocarpa* durch das Fehlen des Fruchtknotenhorns und den kahlen Fruchtknoten überhaupt. Eine Vereinigung dieser beiden Arten mit *Cyphocarpa*, wie eine solche von Clarke vorgenommen worden ist, wirft unsere ganze mühsam erworbene Einteilung wieder über den Haufen und zwingt uns, entweder nach neuen Merkmalen zu fahnden — und solche zu finden, dürfte schwer halten — oder dann grosse, unübersichtliche Gattungen zu bilden. Übrigens sind Clarkes Diagnosen nicht einwandsfrei, denn wenn er *S. pallida* einen behaarten Fruchtknoten zuschreibt, so stimmt dies nicht mit den tatsächlichen Verhältnissen.

Sericocomopsis Bainesii (Hook.) Schinz in Engl. Bot. Jahrb. XXI (1895), 184 = **Leucosphaera Bainesii** (Hook.) Gilg.

Sericocomopsis quadrangula (Engl.) Lopr. in Engl. Bot. Jahrb. XXVII (1899), 42 = **Nelsia quadrangula** (Engl.) Schinz.

Sericocomopsis Welwitschii (Baker) Lopr. in Engl. Bot. Jahrb. XXVII (1899), 42 = **Nelsia quadrangula** (Engl.) Schinz.

Nelsia Schinz nov. gen.

Flores spicati, 2 hermaphroditi cum sterilibus 2 in fasciculum bracteatum et bracteolatum aggregati; bracteolae (vel segmenta perianthii florum sterilium) longe sericeo-pilosae. Pseudostaminodia quadrata, fimbriata. Ovarium glabrum, apice excavatum. Herba erecta, ramosa, dense pilosa. Folia opposita, breviter petiolata. Flores sessiles in spicas laxifloras congesti.

Unterscheidet sich von *Sericocoma* und *Cyphocarpa* durch den kahlen, oben vertieften Fruchtknoten, von *Cyphocarpa* spez. durch den Ausfall des seitlichen Fruchtknotenhorns; *Sericocomopsis* hat einen gleichfalls kahlen, indessen nicht vertieften Fruchtknoten und unterscheidet sich des weitern durch die an der Basis nicht verholzenden Partialblütenstände, die der sterilen Blüten überdies entbehren. *Sericorema* hat keine Pseudostaminodien und zudem überragen die fertilen Blüten die Haarbüschel um das doppelte.

N. quadrangula (Engl.) Schinz nov. comb. — *Sericocoma quadrangula* Engl. in Bot. Jahrb. X (1889), 7. — *Sericocoma Nelsii* Schinz in Engl. und Prantl Natürl. Pflanzenfam. III, Ia (1893), 107. — *Sericocoma Welwitschii* Baker in Kew Bull. (1897), 278. — *Sericocomopsis Welwitschii* Lopr. in Engl. Bot. Jahrb. XXVII (1899), 42; Hiern in Cat. Afr. Pl. Welw. I, 889. — *Sericocomopsis quadrangula* Lopr. in Engl. Bot.

Jahrb. XXVII (1899), 42. — *Cyphocarpa Welwitschii* C. B. Clarke in Dyer Fl. trop. Afr. VI (1909), 53. — *Cyphocarpa quadrangula* C. B. Clarke l. c., 54.

Allem Anschein nach einjährig, aufrecht, wohl bis über 1/2 m hoch; Stengel kantig, behaart. Laubblätter ± 8 mm lang gestielt, breit lanzettförmig, ± 6 cm lang und ± 2,5 cm breit, spitz oder stumpflich und mukronat, in den Blattstiel zusammengezogen, zerstreut behaart. Blütenstände end- und seitenständig, ährig, bis 15 cm lang, kräftig. Partialblütenstände ungestielt an gestreckter holziger Achse, aus mehreren fertilen und mehreren sterilen-, zum Teil bis auf die zur Reifezeit stechenden Vorblätter reduzierten sterilen Blüten bestehend. Trag- und Vorblätter breiteiförmig, zugespitzt, mit starker Mittelrippe, spärlich mit langen Gliederhaaren bekleidet. Tepalen schmal lanzettlich, spitz, spärlich mit Gliederhaaren besetzt, am Rande häutig, ± 6 mm lang. Fertile und sterile Blüten eines Teilblütenstandes zur Zeit der Fruchtreife zusammenhängend und am Grunde verholzend, als Ganzes abfallend, die fertilen Blüten alsdann verborgen in den bis 12 mm langen Haaren der sterilen Blüten. Staubfäden 2 1/2 mm lang, fädlich; Pseudostaminodien quadratisch und gefranst. Fruchtknoten völlig kahl, oben beckenartig vertieft und berandet, mit 2 mm langem Griffel mit unscheinbarer, kopfiger Narbe.

Wie aus der Aufzählung der Synonyme hervorgeht, unterscheidet Clarke *Cyphocarpa quadrangula* von *C. Welwitschii*, wogegen ich beide zusammenziehe und dazu nur bemerke, dass auch Clarke (l. c.) ausdrücklich darauf aufmerksam macht, dass möglicherweise beide Arten besser in eine vereinigt werden.

GROSS-NAMALAND: ! Homeib, Schinz 2013; ! Kuisib, Fleck 500.

HEREROLAND: ! Usa ! kos, in arenosis, Marloth 1255; Spitzkoppjes, Dinter 35; Otjimbingue, Fischer 32; Gobabis, steiniger Sandboden, Kupper 53; Haribes am Leberfluss, v. Trotha 48; Okahandja, Dinter 139; Windhoek, Förmer 52; Nels 63, Miss Kolbe (beide ohne Standortsangaben).

KALACHARI: Kwebe, Lugard 170, 221.

MOSSAMEDES: in sandy places at the river Bero, Welwitsch 6501.

Neocentema Schinz gen. nov.

Flores spicati, 2—3 hermaphroditi cum sterilibus 2—4 in fasciculos bracteatos et bracteolatos aggregati. Braceolae interiores (vel segmenta perianthii florum sterilium) in spinas desinentes. Stamina 5; filamentis filiformibus, basi membrana connexis, laciniis inter-

positis O. Ovarium obovatum, apice incrassatum, glabrum. Stylus brevis, stigmate 2 fido. — Fruticuli ramosi. Folia alterna. Flores in spicas axillares solitarias dispositi.

1. Blattstiel kürzer als die Spreite **N. alternifolia.**

1*. Blattstiel so lang oder länger als die Spreite **N. Robecchii.**

N. alternifolia Schinz nov. comb. — *Centema alternifolia* Schinz in Bull. Herb. Boiss. IV (1896), 419. — *Sericocoma? alternifolia* C. B. Clarke in Dyer Fl. trop. Afr. VI (1909), 42.

Ausdauernde, krautige Pflanze oder niederliegender Halbstrauch, kahl. Laubblätter ± 12 mm lang gestielt, elliptisch oder verkehrt lanzettlich bis verkehrteiförmig, kahl oder unterseits spärlich behaart, ± 20 mm lang und ± 10 mm breit. Blütenstände ährig oder kopfig, gestielt. Tepalen oblong, ± 4 mm lang, nach der Anthese am Grunde verhärtend. Staubfäden schmalbandförmig bis breit linealisch, $2^1/_2$ bis 3 mm lang. Fruchtknoten kahl, verkehrteiförmig, oben mit zwei wulstförmigen Verdickungen; Griffel ± $1^1/_2$ mm lang, mit zwei Narben. Partialblütenstände zur Fruchtzeit sich leicht ablösend, hart, stark bewehrt infolge der starren, spreizenden Dornen.

OSTAFRIKA: Süd-Massai Steppe, Stuhlmann 4287.

N. Robecchii (Lopr.) Schinz nov. comb. — *Psilotrichum Robecchii* Lopr. in Engl. Bot. Jahrb. XXVII (1899), 60, in Ann. Istit. Bot. Roma IX, 19 et in Malpighia XIV, 451; Baker and Clarke in Dyer Fl. trop. Afr. VI, 59.

Ein zirka 30 cm hohes, perennierendes Kraut mit gerieftem Stengel. Laubblätter breiteiförmig oder kreisförmigeiförmig, am Grunde stumpf oder allmählich in den Blattstiel zusammengezogen, am entgegengesetzten Ende ± abgerundet, seltener spitzlich und mit einer aufgesetzten Spitze versehen, dicklich, 3 bis 6 cm lang und ebenso breit, kahl, am Rande verdickt. Der Blattstiel ungefähr so lang wie die Spreite. Blütenstände 3 bis 9 cm lang gestielt, 1 bis $1^1/_2$ cm lang, aus wenigen Partialblütenständen bestehend. Tepalen ± 4 mm lang, die äussern grünlich, die innern hyalin. Staubfäden pfriemlich, ± $2^1/_4$ mm lang. Fruchtknoten verkehrteiförmig und offenbar (die Blüten sind noch ± wenig entwickelt) oben mit 2 wulstartigen Verdickungen; Griffel ± 2 mm lang, mit zwei Narben.

OSTAFRIKA: Somalland, Merehan, Robecchii-Bricchetti 401.

Leucosphaera Gilg

in Engl. und Prantl Natürliche Pflanzenfamilien, Nachträge (1897), 152; Lopriore in Engl. Bot. Jahrb. XXVII, 41.

Blütenstand eiförmig kugelig, gedrängtblütig; Partialblütenstände aus 1 bis 2 fertilen und 1 bis 2, meist auf die Vorblätter und Tepalen reduzierten, sterilen Blüten bestehend. Trag- und Vorblätter und Tepalen mit zierlich federig abstehenden, weisslichen Seidenhaaren dicht und zierlich bekleidet. Staubfäden zu einem Becher unterwärts verwachsen, ohne Pseudostaminodien; Staubbeutel kurz. Fruchtknoten oblong, am obern Ende pinselförmig behaart, unterwärts kahl; Griffel verlängert, mit abgestutzter Narbe.

Halbstrauch, mit zum Teil sparrig abstehenden, kurz weissfilzig behaarten, verkahlenden Zweigen. Laubblätter ± mit anliegenden Seidenhaaren dicht bekleidet, gegen- und wechselständig.

Leucosphaera Bainesii (Hook.) Gilg l. c. — *Sericocoma Bainesii* Hook. in Benth. et Hook. Gen. Plant. III (1880), 31; Schinz in Engl. und Prantl Natürl. Pflanzenfam. III, Ia, 107. — *Sericocomopsis Bainesii* Schinz in Engl. Bot. Jahrb. XXI (1895), 185. — *Leucosphaera Pfeilii* Gilg in Notizbl. bot. Garten Berlin (1897), 328; Cooke and Wright in Dyer Fl. Cap. V (1910), 414. — *Marcellia Bainesii* C. B. Clarke in Dyer Fl. trop. Afr. VI (1909), 51.

Laubblätter verkehrteiförmig, elliptisch oder lanzettlich, spitz, stumpf oder abgerundet oder gar abgestutzt und ausgerandet, am Grunde in den ± 3 mm langen Blattstiel zusammengezogen, 7 bis 25 mm lang und 5 bis 10, selten bis 25 mm breit, dicht anliegend seidig behaart und dann silberweiss, später verkahlend und fahle Farbe annehmend. Durchmesser der kugeligen Blütenstände ± 2 cm. Tepalen bis 9 mm lang, lang zugespitzt, lang federig seidig behaart, am Rande häutig. Staubfäden lanzettlich fädlich, ± 2 mm lang; Staubfadenröhre ± 1 mm hoch, Staubbeutel ± 1 mm lang. Griffel 3 bis 4 mm.

KAPKOLONIE: Bredasdorp Div. (ex Fl. Cap. V, 414).

GROSS-NAMALAND: Inachab, Dinter 979; Ganas, Schinz 249; Rietfontein-Koes, Pfeil 121; Keetmanshoop, Fleck 172a; Rehoboth, Fleck 17a.

HEREROLAND: Otjimbingue, Fischer 189; Windhoek, Dinter 848; Nauas, Fleck 176a; Karibib, Rautanen 546; Hohewarte, Förmer 20, 48; Naidas, Fleck 170a; Voigtsgrund, Nord Anias, Nonikam (alle drei Standorte nach Material aus dem Hamburger Museum); Lüderitz 10.

AMBOLAND: Oshando, Schinz 250; Okasima ka Namutenya, Schinz 248.

KALACHARI: Chansisveld, Seiner 291; Kobis—Nord Shaw-Tal, Baines; Kwebehügel beim Ngamisee, Lugard 158.

Es ist mir unmöglich, *Leucosphaera Pfeilii* Gilg als Art, oder auch nur als Varietät aufrecht zu erhalten, allermindestens nicht auf Grund von Herbarmaterialien. Nach Gilg (l. c. und brieflich) soll *L. Pfeilii* von sparrigerem Wuchse als der Typus sein, die Zweiginternodien werden als kurz geschildert, die Laubblätter sollen kleiner, dicker und von fahler Färbung sein. Nun besitze ich aber Exemplare sowohl aus dem Herero- wie aus dem Grossen Namalande mit fahlgelben Blättern und sowohl gestreckten wie gestauchten Zweiginternodien, sowohl kleinen wie grossen Laubblättern. Cooke und Wright haben aus den beiden Arten *Bainesii* und *Pfeilii* sogar zwei Gattungen gemacht: *Marcellia Bainesii* soll (Dyer Fl. trop. Afr. VI [1909], 51) „Staminal tube ending in 5 depressed ovate lobes, in the summit of each a very minute filament (resembling Pseudohermbstaedtia)" haben und die Partialblütenstände sollen aus lauter fertilen Blüten bestehen. Was den Staminalbecher anbelangt, so kann es in der Tat vorkommen, dass mitunter der Becher in eiförmige Ausschnitte ausläuft, an deren Spitze dann die Staubbeutel inseriert sind, von Bedeutung für die Wertigkeit dieses Merkmales ist wohl die Beobachtung, dass mitunter in einer und derselben Blüte einzelne Filamente lanzettlich fädlich, andere eiförmig sind! Die Angabe, dass bei *L. Pfeilii* die Teilblütenstände nur aus fertilen Blüten bestehen, kann ich nicht bestätigen, bei sorgfältiger Untersuchung gelingt es unschwer die auf die Vorblätter oder Vorblätter und Tepalen reduzierten sterilen und im Wachstum zurückgebliebenen Blüten nachzuweisen.

Ich bin daher notgedrungen von meiner ursprünglichen Ansicht, *L. Pfeilii* als Varietät *L. Bainesii* zu unterordnen, zurückgekommen und habe sie in *Bainesii* aufgehen lassen.

Lopriorea Schinz nov. gen.

Flores spicati, 1 vel 2 hermaphroditi in fasciculos bracteatos et bracteolatos aggregati. Perianthium 5 partitum, segmenta oblonga, basi dense lanata. Stamina 5, exserta, laciniis interpositis 0, filamentis lineari-lanceolatis. Ovarium ovoideum, glabrum, in stylum rectum attenuatum, stigmate 2-fido. — Suffrutex. Folia opposita, sessilia. Flores in spicas erectas terminales congesti.

L. Ruspolii (Lopr.) Schinz nov. comb. — *Psilotrichum Ruspolii* Lopr. in Engl. Bot. Jahrb. XXVII (1899), 19, in Ann. Istit. Bot. Roma IX, 19 et in Malpighia XIV, 452; Baker and Clarke in Dyer Fl. trop. Afr. VI, 59.

Kahler, $^1/_3$ bis $^3/_4$ m hoher Halbstrauch mit aufrechten, gerieften Zweigen. Laubblätter gegenständig, ungestielt, aus herzförmigem Grunde lanzettlich, spitz oder stumpf und von einer Weichstachelspitze überragt, $\pm$ 45 mm lang und $\pm$ 10 mm breit. Blütenstände eiförmig bis kugelig, $\pm$ 5 cm lang gestielt, am Ende der Zweige aus gedrängten Partialblütenständen bestehend, die aus 1 bis 2 fertilen Blüten zusammengesetzt sind. Vorblätter breit eiförmig, mit umfassenden Rändern, stumpf oder spitzlich, häutig, Mittelrippe bräunlich, $3^1/_2$ bis 4 mm lang. Tepalen weiss, aussenseits unter der Mitte und namentlich gegen den Grund zu sehr dicht weiss wollig behaart, $\pm$ 5 mm lang, unterhalb der Mitte innenseits korkig verdickt. Staubfäden fädlich, zur Zeit der Anthese die Tepalen deutlich überragend. Fruchtknoten kahl, Griffel $\pm$ $3^1/_2$ mm lang, herausragend, kurz 2spaltig.

OSTAFRIKA: Gallahochland, Wai-Wai, Ellenbeck 2131; Djehle, Ellenbeck 2117; Somalland, zwischen Bela und Daua, Riva, Exped. Ruspoli 1467.

Leicht kenntlich an den herausragenden Staubblättern und Griffeln.

Chionothrix Hooker

in Benth. et Hook. Gen. Pl. III (1880), 33; Baillon Hist. des Pl. (1887), 206; Schinz in Engl. et Prantl Natürl. Pflanzenfam. III, 1a, 111; Baker and Clarke in Dyer Fl. trop. Afr. VI, 61.

Blüten einzeln in der Achsel der Tragblätter, zwitterig. Tepalen spelzenartig, am Grunde nicht verhärtend, auf dem Rücken und am Rande mit langen, weissen, aufstrebenden Seidenhaaren bekleidet, die äussern länglich lanzettlich, die innern etwas schmäler. Staubfäden unterwärts zu einer Röhre verwachsen, breit lanzettlich; Pseudostaminodien fehlend. Fruchtknoten eiförmig, kahl, in den Griffel zusammengezogen; Narbe kopfig abgestutzt.

Sträucher, Zweige und Laubblätter, soweit sie nicht verkahlen, mit dichtem Indument aus einfachen oder sternartigen Haaren. Laubblätter gegenständig, gestielt. Blütenstände rispig-ährig; Ährenaxen wollig behaart. Blüten in den Seidenhaarbüscheln $\pm$ versteckt.

1. Laubblätter mit unverzweigten Haaren dicht bekleidet **C. somalensis.**

1*. Laubblätter mit Sternhaaren flockig bekleidet **C. latifolia.**

C. somalensis (Moore) Hook. in Benth. et Hook. Gen. Pl. III (1880), 33; Baker and Clarke in Dyer Fl. trop. Afr. VI, 62. — *Sericocoma somalensis* Moore in Journ. of Bot. (1877), 70, t. 185, fig. 4.

1 bis 3 m hoher Strauch, dessen Zweige und Laubblätter dicht mit weissen, einfachen, langen und dicht anliegenden Haaren bekleidet sind. Laubblätter kurz gestielt, grünlichweiss, verkehrteiförmig bis länglich verkehrteiförmig, stumpf, am Grunde zusammengezogen, am Rande bewimpert, ± 18 mm lang (inkl. Blattstiel) und 5 bis 10 mm breit. Tragblätter ± 8 mm lang, lanzettlich bis breiteiförmig, mit kurzer aufgesetzter Spitze, dicklich; Vorblätter ± breiteiförmig, namentlich an der etwas verdickten Spitze behaart, bedeutend kleiner als die lanzettlichen, ± 8 mm langen Tepalen. Griffel ± 5 mm lang.

OSTAFRIKA: Somalland, Ahlgebirge, Hildebrandt 889e; bei Meid, Hildebrandt 1519.

C. latifolia Rendle in Journ. of Bot. (1896), 54; Baker and Clarke in Dyer Fl. trop. Afr. VI, 62.

1 bis 2 m hoher Strauch, dessen Zweige und Laubblätter dicht mit einem flockigen Überzug aus Sternhaaren bekleidet sind. Die Laubblätter, die mit der Zeit verkahlen und dann (getrocknet) oberseits schmutzig lederfarbig, unterseits fahlfarbig sind, werden bis 50 mm lang und bis 30 mm breit und sind ± 7 mm lang gestielt; sie sind breitlanzettlich bis oval, in den Blattstiel zusammengezogen oder abgerundet, stumpf. Im übrigen sind die Verhältnisse wie bei obstehend genannter Art.

OSTAFRIKA: Shebeli, Donaldson Smith; Dagaga, Ellenbeck 1016, 2364; La Saloli, Ruspoli-Riva 229; Cavernay, Ruspoli-Riva 856; Mil-Mil, Ruspoli-Riva 1063; Burka, Fürst Ghika.

Kentrosphaera Volkens

in Engler und Prantl Natürl. Pflanzenfam. Nachträge (1897), 153. — *Marcellia* Baill. ap. Baker and Clarke in Dyer Fl. trop. Afr. VI (1909), 49 pr. p.

Partialblütenstände aus 3 fertilen Blüten bestehend; unfruchtbare Blüten, von denen je 2 zu Seiten der fertilen Seitenblüten stehen, zur Zeit der Fruchtreife zu langen, strohgelben Stacheln auswachsend, so dass ein traubiger, aus wallnussgrossen Stachelkugeln zusammengesetzter Fruchtstand entsteht. Staubblätter 5, ohne Pseudostaminodien. Fruchtknoten kahl; Griffel fadenförmig.

Ausdauernde, vom Grunde an verzweigte, krautige Staude mit niederliegenden, dann im Bogen aufsteigenden, angedrückt borstig behaarten Zweigen.

K. prostrata Volkens l. c. 153. — *Marcellia prostrata* C. B. Clarke in Dyer Fl. trop. Afr. VI (1909), 51.

Zweige stielrund, schwach, anliegend lang behaart. Laubblätter gegenständig, ± 15 mm lang gestielt, ± 60 mm lang und ± 32 mm breit, breit elliptisch, am Grunde in den Stiel ± zusammengezogen, spitz, angedrückt behaart, in der Jugend dicht seidenhaarig, ausgewachsen mehr borstig, getrocknet schmutzigdunkellederbraun. Tepalen lanzettlich, spitz, zerstreut lang-, fast wollig behaart, ± 6 mm lang, ± 2 mm breit, schmutzig rötlich (Volkens). Staubfäden ± 3 mm lang; Staubfadenröhre ± 1¼ mm hoch. Fruchtknoten kahl, oberwärts mit einem Ringwulst versehen; Griffel ± 3 mm lang, mit unscheinbarer kopfiger Narbe.

OSTAFRIKA: Kilimandjaro, am Pangani, Volkens 472; am Fusse des Pare- und Uguenogebirges, (Salz-) Niederungssteppe zwischen Salani und Kwagogo, Engler 1673, 1675.

Dasysphaera Volkens

in Engler und Prantl Natürl. Pflanzenfam. Nachträge (1897), 153.

Partialblütenstände aus 1, 2 bis 3 fertilen Blüten bestehend; unfruchtbare Blüten, von denen je 2 zu Seiten der fertilen Seitenblüten stehen, zur Zeit der Fruchtreife zu langen, gelben oder braunen, weichen Borsten auswachsend. Pseudostaminodien 0. Fruchtknoten kahl, Griffel fadenförmig.

Niedrige Sträucher mit dicht behaarten, filzigen oder wolligen jungen Zweigen.

1. Partialblütenstände aus 5 bis 6 fertilen Blüten bestehend. Borsten unbehaart. **D. tomentosa.**

1*. Partialblütenstände aus 3 fertilen Blüten bestehend. Borsten behaart. **D. Robecchii.**

D. tomentosa Volkens l. c.; Lopriore in Engl. Bot. Jahrb. XXVII, 53. — *Marcellia tomentosa* C. B. Clarke in Dyer Fl. trop. Afr. VI (1909), 52.

Halbstrauch mit filzig behaarten Zweigen und gegenständigen, kurz gestielten, kreisrundlichen bis rundlich breiteiförmigen, beiderseits samtig behaarten, von einer Weichstachelspitze überragten, ± 28 mm langen und ± 26 mm breiten Laubblättern. Blütenstände ± 13 cm lang, aus von einander etwas entfernten, unterwärts je zu zweien auf gleicher Höhe stehenden Knäueln fertiler (5 bis 6) und steriler Blüten bestehend. Knäuel nach oben zu verarmend. Tepalen wollig seidig behaart, ± 8 mm lang und ± 2 mm breit, schmal lanzettlich, 3nervig, spitz bis zugespitzt. Sterile Blüten zur Zeit der

Fruchtreife aus auf einem gestielten Podium inserierten, strahlig abstehenden, braunen, dünnen, weichen, geraden, bis 10 mm langen Borsten bestehend. Staubfäden fadenförmig, nach dem Grunde zu ganz schwach verbreitert, ± 4 mm lang; Staubfadenröhre $^1/_2$ bis $^3/_4$ mm hoch. Griffel ± 4 mm lang.

OSTAFRIKA: in der Steppe am Dschalla-See, Volkens 1800.

D. Robecchii Lopr. in Engl. Bot. Jahrb. XXVII (1899), 52, t. I, in Ann. Istit. Bot. Roma IX, 21 et in Malpighia XIV, 447. — *D. lanata* Gilg in Engler und Prantl Natürl. Pflanzenfam. Nachträge (1897), 153 nom. nud. – *Marcellia lanata* C.B. Clarke in Dyer Fl. trop. Afr. VI (1909), 52.

30 cm hoher Halbstrauch mit filzigen, später verkahlenden Zweigen. Laubblätter gegenständig, kurz gestielt, verkehrteiförmig, in den Blattstiel zusammengezogen, abgerundet oder ausgerandet, in der Jugend dicht filzig, später kahl, 20 bis 35 mm lang und 10 bis 20 mm breit. Blütenstände 13 bis 20 cm lang, aus ± 1 cm von einander entfernten Knäueln bestehend. Knäuel aus 3 fertilen und 4 sterilen Blüten bestehend, letztere zu je 25 bis 30 Borsten auswachsend. Zur Zeit der Fruchtreife biegen sich die 4 Tragblätter der sterilen Blüten nach unten, den vier Beinen eines Tisches ähnliche Stellung einnehmend, während die Borsten allseitig abstehen und in ihrer Gesamtheit einen kugeligen Kopf bilden. Staubfäden nach dem Grunde zu auch etwas verbreitert, übereinstimmend mit der erstgenannten Art.

OSTAFRIKA: Merehan im Somalland, Robecchi-Bricchetti, 402.

Sericostachys Gilg et Lopr.

in Engl. Bot. Jahrb. XXVII (1899), 50 et in Malpighia XIV, 446; Baker and Clarke in Dyer Fl. trop. Afr. VI, 70.

Partialblütenstände ährig angeordnet, aus je drei ungestielten, knäuelig gehäuften Blüten bestehend, von denen die mittlere fertil ist, während die beiden seitlichen steril und in Haarbündel von 12 bis 15 mm Länge umgewandelt sind. Fertile Blüten zur Reifezeit von den Haarbündeln weit überragt und in ihnen verborgen. Pseudostaminodien länglich, gezähnt oder auch ganzrandig. Fruchtknoten kahl, mit verlängertem Griffel und unscheinbarer, kopfiger Narbe.

Schlingende Sträucher mit rispigen, zur Zeit der Samenreife lang wolligseidig behaarten Blütenständen.

Laubblätter kahl, Tepalen $^1/_5$ engl. Zoll (= 5 mm) lang
S. scandens.

Laubblätter behaart, Tepalen $^1/_3$ engl. Zoll (= $8^1/_2$ mm) lang
S. tomentosa.

Ich habe den Schlüssel Baker und Clarke in Dyer Fl. trop. Afr. VI, 7 entnommen, füge aber, auf die untenstehenden Bemerkungen verweisend, gleichzeitig hinzu, dass sich meine Befunde nicht ganz mit diesen Angaben decken. Bei den mir vorliegenden Exemplaren komme ich für beide Arten zu geringeren Tepalenmassen und der spez. Wert der Behaarung ist mir auch noch unklar.

S. scandens Gilg et Lopr. in Engl. Bot. Jahrb. XXVII (1899), 51 et in Malpighia XIV, 27; Baker and Clarke in Dyer Fl. trop. Afr. VI, 71.

Zweige anfangs behaart, frühzeitig verkahlend, dagegen scheinen die Blütenstandszweige ihr Indument beizubehalten. Laubblätter gegenständig, dünnlederig, kahl, ± 16 mm lang gestielt, eiförmig, spitz oder etwas ausgezogen, 60 bis 90 mm lang und 25 bis 40 mm breit, am Grunde spitz oder in den Blattstiel zusammengezogen. Blütenstand 15 bis 30 cm lang, rispig verzweigt, unterbrochen. Trag- und Vorblätter breit eiförmig, zugespitzt, anfangs mit einzelnen langen Gliederhaaren besetzt, die sich aber frühzeitig verlieren, überdies bewimpert. Tepalen eiförmig lanzettlich, lederig, braungelb, am Rande häutig, spitz, ± 4 mm lang, zur Zeit der Samenreife weit von den die seitlichen Blüten ersetzenden Haarbündeln überragt. Staubfäden ± 3 mm lang, fädlich; Pseudostaminodien ± 1 mm lang. Griffel $1^1/_2$ bis 2 mm lang.

KAMERUN: Yaunde, Bongolloberg, Zenker 1420; Buea, Lehmbach 140.

ÄQUATORIAL-AFRIKA: Mawokoa in Uganda, Brown 167.

S. tomentosa Lopr. in Engl. Bot. Jahrb. XXVII (1899), 51 et XXX, 26 in obs., t. I, fig. P, Q et in Malpighia XIV, 450; Baker and Clarke in Dyer Fl. trop. Afr. VI, 71.

ZENTRAL-AFRIKA: Runssoro, G. J. Scott Elliot 7657.

Unterscheidet sich von der erstgenannten Art eigentlich ausschliesslich nur durch die ober- und unterseits behaarten Laubblätter und die etwas längern, nämlich bis 6 mm langen Tepalen. Es wird daher erst weiteres Material abzuwarten sein, bevor ein entscheidendes Urteil über den „Wert" dieser Art abgegeben werden kann. Die Schwierigkeit der Abgrenzung wird durch den Umstand erhöht, dass Lopriore die Lehmbachsche Nummer 140 nicht zu der von ihm selbst

aufgestellten *S. tomentosa,* sondern auffallenderweise zu *S. scandens* stellt, erschwert insofern, als Lehmbach 140 auffallend grosse Blüten (fertile) aber gleichzeitig nahezu kahle Laubblätter besitzt, so dass man fast geneigt wäre, diese Pflanze als eine frühzeitig verkahlende Form der *tomentosa* anzusehen. Lehmbachs Nummer nähert sich der *tomentosa* (Scott Elliot) auch noch dadurch, dass die fertilen Blüten grünlich, bei den Zenkerschen Pflanzen *(scandens)* dagegen von brauner Farbe sind.

Cruciferae.

A. Thellung (Zürich).

Brassica pachypoda Thellung n. spec.

Annua (an biennis?). Radix tenuis (vix caulis crassitie), fusiformis. Caulis unicus e rosula foliorum basilarium enatus, erectus, saepius subsimplex (superne tantum parce corymboso-ramosus), foliatus, anguloso-sulcatus, pilis subulato-setiformibus albis satis longis (plerumque $^3/_4$—1 mm) horizontaliter patentibus vel partim leviter declinatis dense hispidus. Folia basilaria rosulata, longe petiolata, lyrato-pinnatifida, ceterum forma valde variabilia (lobo terminali maximo, ovato vel elliptico vel obovato, sinuato-dentato, lateralibus utrinque 1—6 plerumque rotundato-obtusis), undique (sed praesertim in petiolo) setis eis caulis similibus hispida. Folia caulina aeque ac basiliaria pilosa; inferiora basilaribus similia, sed brevius petiolata et minus divisa, lobis infimis saepe cauli approximatis et auriculiformibus; superiora indivisa, ovato-oblonga, basi lata subamplexicaulia, crenato-dentata, sensim in bracteas florales transeuntia. Racemi in caule et ramis terminales, satis pauciflori (floribus plerumque 5—10), pedicellis singulis basi bractea hispida ovato-oblonga crenato-dentata (vel in floribus superioribus subintegerrima et glabriore), pedicello plerumque subaequilonga suffultis. Flores satis parvi; sepala apice hispida, saepe violaceo-picta, lineari-oblonga, suberecta, lateralia basi vix saccata, ut petala sub fructu maturante satis diu persistentia; petala anguste spatulata, in unguem indistinctum sensim attenuata, calyce sesquilongiora, flava (sicca albida); stamina calyci subaequilonga, filamentis filiformibus; glandulae (2) medianae distinctissimae, ovatae, erecto-patentes; laterales (4) multo breviores, ad basin interiorem filamentorum breviorum per paria subconfluentes. Siliqua matura pedicello patente valde incrassato (siliquae ipsi subaequilato) 4—8-plo breviore vel etiam brevissimo insidens, horizontaliter patens vel ascendens; valvae convexae, saepe setulis remote adspersae, nervis 3 rectis et distinctis percursae et praeterea nervis tenuioribus flexuosis et anastomosantibus praeditae; septum tenerum hyalinum, in stylum

vix rostriformem brevem obconicum abiens; stigma emarginato-bilobum. Semina uniseriata, parva, subglobosa, leviter compressa, a latere visa subanguloso-suborbicularia; cotyledones incumbentes longitudinaliter plicatae.

HAB.: Afr. austr.

Pflanze meist ± 30 cm hoch, je nach der Dichte des Bestandes kräftiger oder schlanker. Grundblätter (mit Stiel) 7—15 cm lang, 1½—4 cm breit. Kelchblätter 4 mm, Kronblätter 6 mm lang. Frucht 5—10 cm lang, reife Klappen 2—2½ mm breit; Fruchtstiel an den untern Früchten meist 5—20 mm lang, an den obern entsprechend kürzer; Griffel 1½—3 mm lang, an der Spitze meist 3 mm breit. Same etwa 1 mm lang und fast ebenso breit (durch die nicht genau kugeligen Samen nähert sich die Pflanze etwas der Gattung *Erucastrum*).

SÜDAFRIKA: In graminosis pr. Phœnix, 80 m, 1893, Schlechter 3146! (Herb. Univ. Zürich);

TRANSVAALKOLONIE: Pretoria, 1904, R. Leenderk, Herb. of the Pretoria Museum 416! (sub *Sinapi retrorsa*, Herb. Univ. Zürich);

BASUTOLAND, 1903 und 1906, Dieterlen 165! (Herb. Univ. Montpellier).

Brassica pachypoda unterscheidet sich von den übrigen südafrikanischen Arten der Gattung (*B. strigosa* DC., *B. leptopetala* [DC.] Sonder [Deless. Ic. II, t. 87!], *B. griquensis* N. E. Brown!, *B. nigra* [L.] Koch und *B. retrorsa* [Burch. sub *Sinapi*] Thell. comb. nov.) leicht durch die dicken, durch Brakteen gestützten Fruchtstiele; von den 3 erstgenannten auch durch die 3-nervigen Fruchtklappen (*B. retrorsa* und *pachypoda* gehören demgemäss zu *Sinapis* im Sinne von Koch, Sonder u. A., nicht aber von Prantl in den „Natürl. Pflanzenfam.“, der die Abtrennung von *Sinapis* und *Brassica* mit Recht nach der Gestalt des Fruchtschnabels vornimmt). Im Habitus nähert sich *B. pachypoda*, wie auch *B. griquensis* N. E. Brown (= *Sisymbrium Turczaninowii* Szyszylowicz! non Sonder), stark der Gattung *Sisymbrium*; aber die Keimblätter sind nach dem *Brassica*-Typus längsgefaltet. Was noch die Stellung der Art innerhalb der Gattung *Brassica* betrifft, so gehört sie zu keiner der 4 Prantlschen Sektionen (Natürl. Pflanzenfam. III, 2 [1891], 177); zu § IV *Ceratosinapis* (DC.) Prantl kann sie trotz der 3-nervigen Fruchtklappen mit Rücksicht auf die Form des Fruchtschnabels nicht gestellt werden. Vielleicht macht sie für sich allein oder zusammen mit der mir ungenügend bekannten *B. retrorsa* eine neue Sektion des Genus aus.

Roripa nudiuscula (E. Meyer?) Thell. comb. nov.; species ex speciminibus completis denuo descripta. — ? Syn.: *Arabis ? nudiuscula* E. Meyer ex Sonder in Harvey & Sonder Fl. Cap. I (1859—60), 22 [err. typ. „nudicaulis", cf. Add. et Corrig.] [1])

Perennis, radice haud valida. Caulis saepius unicus ex rosula foliorum basilarium enatus, (siccus) anguloso-striatus, (ut racemorum axis et pedicelli) pilis brevissimis tuberculiformibus hemisphaericis vel (siccis) lateraliter compressis (praesertim ad angulos distinctis) remote adspersus, parce ramosus, inferne paucifoliatus (interdum etiam subaphyllus, scapiformis), superne subnudus, ut rami in racemos ebracteatos ca. 15—25-floros abiens. Folia quoad formam valde variabilia: bipinnatifida usque indivisa, lamina vel lobis dentatis, dentibus cartilagineo-mucronatis; caulina (subsessilia) minus divisa quam basilaria (petiolata), basi ± auriculata, summa in bracteas saepe squamiformes subintegerrimas abeuntia. Flores pro genere mediocres; calyx basi aequalis; petala spathulato-cuneata, calycem parum superantia, viva flava, sicca plerumque albida vel rubella. Siliqua satis crassa, pedunculo saepius crassiusculo erecto-patente plerumque (1½—2½-plo) longior, suberecta, fere recta vel leviter falcato-curvata lateraliter compressa, valvulis parum convexis, nervo mediano sub apice evanescente. Stylus brevis obconicus stigmate leviter emarginato-bilobo. Semina parva, biseriata; embryo pleurorrhizus.

Wurzel etwa 2—4 mm dick, mit spärlichen, dünnen, hellen Fasern. Stengel 10—40-, meist 25—30 cm hoch, 2—3 mm dick, bei niedrigen Exemplaren fast blattlos und schaftartig, bei kräftigeren unterwärts mit den Grundblättern ähnlichen, nach oben kleiner und einfacher werdenden Laubblättern besetzt, an grösseren Exemplaren ästig; je nach Höhe, Beblätterung und Verästelung im Habitus sehr veränderlich (etwa wie *Diplotaxis muralis* [L.] DC.). Grundblätter bald leierförmig oder fiederspaltig mit ziemlich breiten, gerundeten Buchten und gezähnten bis fiederspaltigen Abschnitten, bald ungeteilt (elliptisch bis spatelförmig) und nur gezähnt; Zähne oder Läppchen letzter Ordnung stumpflich, mit knorpeligem Stachelspitzchen. Stengelblätter den Grundblättern ähnlich, aber kürzer gestielt bis ungestielt, am Grunde mit 2 ± deutlichen Öhrchen den Stengel halb umfassend; wenn fiederspaltig, die unteren Abschnitte oft schmäler und mehr

---

[1]) Ob *Arabis nudiuscula* E. Meyer wirklich zu der in Frage stehenden *Roripa* gehört, lässt sich nach der sehr dürftigen Beschreibung nicht mit Sicherheit feststellen; nach Sonder l. c. ist die Pflanze „with the habit of a *Nasturtium*", und nur die [getrocknet!] weissen Kronblätter scheinen Sonder veranlasst zu haben, die Art vorläufig zu *Arabis* zu stellen. Sichere Aufklärung können nur die — mir leider nicht zur Verfügung stehenden — E. Meyerschen Herbarexemplare schaffen.

ganzrandig als bei den Grundblättern. Kelchblätter $2^1/_2$—$3^1/_2$ mm lang, länglich elliptisch, stumpf, schmal hellrandig, unter sich ziemlich gleich (die seitlichen am Grunde nicht gespornt); Kronblätter wenig länger (meist etwa $1^1/_4$ mal so lang) als der Kelch, spatelkeilförmig, an der Spitze abgerundet, lebend wohl hellgelb, verdorrt und getrocknet weisslich oder rötlich; Honigdrüsen 4 (laterale), sehr kurz (breiter als hoch). Frucht 1—3- (meist $1^1/_2$—$2^1/_2$-) cm lang, gewöhnlich länger als ihr Stiel, $1^1/_2$—$2^1/_2$ mm breit; Griffel meist kurz ($^1/_2$—1 mm) und verkehrtkegelförmig, seltener $1^1/_2$ bis fast 2 mm lang und dann am Ende nur wenig verbreitert; Narbe das verbreiterte Griffelende einnehmend, flach scheibenförmig und etwas ausgerandet-zweilappig. Samen sehr klein, etwa $^3/_4$ mm lang und $^1/_2$ mm breit, zusammengedrückt ellipsoidisch, deutlich zweireihig.

R. nudiuscula unterscheidet sich von allen mir bekannten Arten der Gattung und wohl auch von der grossen Mehrzahl der Cruciferen überhaupt durch die eigenartigen, sehr kurzen, höckerartigen, ± halbkugeligen Haare des Stengels, wie solche in ähnlicher Ausbildung bei *Lepidium rotundum* (Desv.) DC. und *L. phlebopetalum* F. v. Mueller vorkommen. Die zweite südafrikanische *Roripa*-Art, *R. fluviatilis* (E. Meyer ex Sonder in Linnaea XXIII [1850], 2 in obs. et in Harvey & Sonder Fl. Cap. I [1859-60], 21 sub *Nasturtio*) Thell. (einschliessl. *Nast. caledonicum* Sonder in Linnaea l. c., das von Sonder in Fl. Cap. l. c. wohl mit Recht als Varietät zu *N. fluviatile* gestellt wird), unterscheidet sich von *R. nudiuscula* leicht durch kräftige, reichfaserige Wurzel (Standortseinfluss?), dickeren Stengel, Fehlen der für *R. nudiuscula* charakteristischen Trichombildungen und viel grössere Blüten, deren Kronblätter 5—6 mm lang (fast doppelt so lang als die Kelchblätter), verkehrteiförmig und auch getrocknet deutlich gelb sind; ferner ist das Knorpelspitzchen der Blattzähne (= Epithemhydathode?) im Gegensatz zu *R. nudiuscula* sehr breit und stumpf.

Die Blattform ist bei *R. nudiuscula*, wie schon bemerkt, sehr variabel; angesichts des bekannten, zum Teil mit der Natur des Standortes in Korrelation stehenden Blattpolymorphismus der Gattung *Roripa* dürfte es sich daher nicht empfehlen, auf die verschiedenen Blattformen „Varietäten" zu begründen, sondern nur die extremen Formen mit Namen zu belegen:

forma 1. ***pinnatifida*** Thell., foliis inferioribus pinnatifidis (usque bipinnatifidis) vel lyrato-pinnatifidis;

forma 2. ***integrifolia*** (Szyszyl.) Thell. (*Nasturtium indicum* var. *integrifolia* Szyszylowics! Polypet. Thalamifl. Rehmann. I [1887],

13 in „Osobne odbicie z Tomu XVII. Rozpr. i Spraw. Wydz. matem.-przyrodn. Akad. Umiejetnosci“ p. 105). foliis indivisis, tantum dentatis vel duplicato-dentatis.

KAPKOLONIE: ? Zondag River, Graafreynet; Sneuwebergen and Uitflugt at Limoenfontein, 2—6000 ft.: Drège in Herb. Sonder nach Sonder Fl. Cap. l. c. unter *Arabis nudiuscula* (non vidi). — In humidis ad pedem montis Boschberg, 2500 pd., P. Mac Owan Austro-Afr. n. 1592![1] (f. 1, Herb. Univ. Zürich); in arenosis humidis pr. Uitenhage, 250', 1893, R. Schlechter n. 2539! (f. 1 et 2 mixt., Herb. Univ. Zürich).

BASUTOLAND: „Paposane“, 1903, Dieterlen n. 98! (f. 1, Herb. Montpellier).

TRANSVAALKOLONIE: Pretoria, Aapies Poort, A. Rehmann Exs. Afr. austr. 1875—80 n. 4234! (f. 2 = *Nast. indicum* var. *integrifolia* Szyszylowics! specim. orig., Herb. Univ. Zürich). In saxosis inter Waterval Rivier et Zuikerbosch Rand, 4600', 1893, R. Schlechter n. 3483! (f. 1; ibid.). Shilouvane, H. A. Junod n. 1334! (f. 2, ibid.).

Leguminosae.

Hans Schinz (Zürich).

Rhynchosia holosericea Schinz nov. spec.

Scandens (?), caule velutino, viscidulo; foliis longe petiolatis, foliolis late obovatis vel late rhomboideo- obovatis, lateralibus leviter obliquis, basi cuneatis, apice rotundatis, mucronatis, utrinque molliter velutinis; stipulis lanceolatis; pedunculo elongato, viscidulo subhirsuto; vexillo glabro; legumine oblongo, curvato, compresso, velutino- piloso.

DEUTSCH-SÜDWEST-AFRIKA: Olukonda in Amboland, Schinz 797, bl. u. fr. IX, Rautanen.

Kletternde (?) Staude mit fahlgelben, weich-, ± abstehend behaarten, allermindestens anfangs drüsigen Zweigen; vom Grunde an mehrfach verzweigt. Laubblätter 3zählig, ± 15 mm lang gestielt, mit breit- bis fast kreisrundeiförmigen bis rhombischen, abgerundeten, stumpfen oder mucronaten, ober- und unterseits hellgrünen, dicht samtig behaarten, ± 20 mm breiten und ± 20 mm langen Blättchen. Das endständige Blättchen ist um ± 6 mm von den seitlichen abgerückt; letztere sind ± 2 mm lang gestielt. Sämtliche Spreiten lassen unterseits die Nervatur stark hervortreten. Die Nebenblätter sind lanzettlich, spitz und 3 bis 4 mm lang. Blütenstände bis 7 cm

[1]) Als *Nast. fluviatile β brevistylum.* Möglicherweise gehört auch die gleichnamige Pflanze Sonders (Fl. Cap. l. c. 21, mit dem Syn. *N. elongatum* E. Meyer ined.), die mit „style very short, stigma thickened“ charakterisiert wird, zu *R. nudiuscula*; doch ist eine sichere Entscheidung ohne Autopsie der Originalexemplare unmöglich.

lang, blattachselständig und terminal, ± 12blütig. Blütenstiele kurz, drüsig behaart. Die langbehaarten Abschnitte des 5teiligen Kelches sind lanzettlich und 5 bis 7 mm lang, unter sich hinsichtlich ihrer Länge ungleich. Die Fahne ist verkehrteiförmig länglich, mit einem ± 2 mm langen Nagel und einer ± 8 mm langen und ± 5½ mm breiten Platte versehen, am Grunde beidseitig vom Nagel geöhrt. Die Flügel messen ± 7 mm, das Schiffchen ist ± 10 mm lang. Die ± flache, etwas gekrümmte Hülse ist bis 25 mm lang und ± 9 mm breit, weich behaart und 2- bis 3samig. Die glänzend braunroten Samen sind 5 mm lang und 4 mm breit.

Bei *R. Memnonia* (Delile) DC. fehlt die drüsige Behaarung der jüngern Zweige wie der Blütenstiele; die Behaarung scheint im übrigen bei dieser letztern Art eine recht wechselnde zu sein, ist aber meiner Erfahrung nach niemals gelblichgrün, was mir auch Herr N. E. Brown auf Grund des Materials in Kew bestätigt. Sonst erinnert unsere Art allerdings stark an *R. Memnonia.*

Solanaceae.

Hans Schinz (Zürich).

Withania somnifera L. var. **somalensis** Schinz nov. var.

Herba perennis, pube stellata vestita, folia parva, subcoriacea.

OSTAFRIKA: Ogadeensteppe im Somalland, C. Keller.

Die ganze Pflanze ist mit einem flockigen Überzug aus kurzen Sternhaaren bekleidet. Die auffallend steifen, fahlgrünen Laubblätter sind von länglich eiförmiglanzettlichem bis elliptischlanzettlichem Umriss, am Grunde ± plötzlich zusammengezogen, stumpf, ± rauhfilzig behaart, später ± stark verkahlend, bis 50 mm lang und bis 20 mm breit, ± 2 mm lang gestielt. Die 3 bis 5 mm lang gestielten, nicht gebüschelten, sondern einzeln inserierten Blüten besitzen einen zur Blütezeit glockigen, dicht fahl filzig flockig behaarten Kelch, dessen Röhre ± 3 mm hoch und ± 5 mm weit ist und dessen etwas nach aussen gebogene, ± 2½ mm lange Abschnitte oblong dreieckiglanzettlich und in eine breite stumpfe Granne ausgezogen sind. Die Kronröhre ist 3½ bis 4 mm hoch; die zurückgebogenen, 2½ bis 3 mm langen Abschnitte sind dreieckig, spitz, aussen und innen flockig behaart, wogegen die Kronröhre aussen nur soweit behaart ist, als sie im Kelche steckt. Die 5 fädlichen Staubfäden sind 3 mm lang und entspringen 1 mm über dem Kronröhrengrund; die Staubbeutel sind ± 1 mm lang. Der Kelch ist zur Fruchtzeit ± 15 mm lang; die Rückenmediane der 5 verwachsenen Kelchblätter ist zu je einem 2 bis 3 mm breiten Kelchkiel ausgewachsen. Der Fruchtknoten ist am Grunde von einem ringförmigen, 5kerbigen Diskus umfasst. Die

Beeren sind über erbsengross, anfänglich kurz filzig behaart. späterhin kahl. Der Griffel besitzt eine kopfige Narbe.

Die Textur der Laubblätter, deren dichte Behaarung und der auffallend rigid störrige Kelch veranlassen mich, die vorliegenden Exemplare, die mein durch seine Reisen und Haustierforschungen wohlbekannter Kollege Prof. Dr. Conrad Keller im afrikanischen Osthorn gesammelt hat, als Spielart zu beschreiben. Sie sind auch deshalb interessant, weil sie der nahen Verwandtschaft der beiden Gattungen *Physalis* und *Withania* das Wort sprechen (einzeln stehende Blüten).

Lycium bosciifolium Schinz nov. spec.

Suffruticosum, spinosum; foliis fasciculatis, glabris, spatulatis, rotundatis, sessilibus; floribus 5meris, pedicellatis, calyce tubuloso, glabro, lobis ± triangularibus, subobtusis, corollae tubo tubuloso sursum levissime ampliato, lobis late ovatis, apice rotundatis, reflexis; staminibus exsertis, basi sparse pilosis.

DEUTSCH-SÜDWEST-AFRIKA: Kai gamtes in Gross-Namaland, Schinz 891.

Dorniger Halbstrauch mit brauner, rissiger Rinde und gebüschelten, kahlen, spatelförmigen, abgerundeten, ungestielten, ± 8 mm langen und ± 2 mm breiten Laubblättern. Blüten einzeln, bis 4 mm lang gestielt. Kelch kahl, mit ± 2 mm langer Röhre und fünf dreieckigen, ± 3/4 mm langen, stumpflichen Abschnitten. Kronröhre bis 15 mm lang, engröhrig, lang schmaltrichterförmig, allmählich nach oben erweitert, oben 3 bis 4 mm weit; Lappen ± 2 mm lang, am Grunde ± 2 mm breit, breit eiförmig, abgerundet und zurückgeschlagen. Staubfäden herausragend, ± 10 mm lang, vom Grunde entfernt inseriert, unterwärts mit zerstreuten Haaren.

Solanum hermannioides Schinz nov. spec.

Suffruticosum, glabrum; foliis petiolatis, anguste ellipticis vel anguste lanceolatis, acutis, basi in petiolum attenuatis, margine irregulariter crenatis; inflorescentia pauciflora; calycis segmentis oblongis, obtusis; corolla 5 fida, lobis ovatis, glabris.

KAPKOLONIE: in umbrosis ad Silver River, 1330 m, Schlechter 5872, bl. 6. XI. 1894.

Völlig kahler Halbstrauch mit in den ± 4 mm langen Stiel zusammengezogenen, schmal elliptischen bis schmal lanzettlichen, beiderends spitzen, ± 50 mm langen und ± 9 mm breiten Laubblättern, deren Spreiten am Rande unregelmässig engwellig- bis wellig gekerbt sind. Blütenstand axillär, wenigblütig, mitunter sogar einblütig, kurz gestielt. Blütenstiele ± 6 mm. Kelchabschnitte ± 5 mm

lang und ± 1 mm breit, oblong, stumpf; Kelchröhre ± 2 mm hoch, kahl, mit abgerundeten Buchten. Die Kronlappen sind breit eiförmig, nach der Basis zu etwas zusammengezogen, ± 7 mm lang und ± 4 mm breit; die Kronröhre ist zirka 1 1/4 mm hoch. Staubfäden ± 1 1/4 mm, Staubbeutel ± 3 mm, Griffel ± 5 1/2 mm.

Solanum pseudocapsicum L., das etwa bei der Vergleichung obiger Spezies mit andern Arten in Berücksichtigung kommen könnte, mir aber nur aus der Beschreibung bekannt ist, scheint viel breitere Laubblätter und spitze Kelchzipfel zu haben.

Solanum Lüderitzii Schinz nov. spec.

Suffrutex erectus, ramis dense stellato- pilosis, inermibus; foliis petiolatis, ovato -lanceolatis, acutis vel obtusis, integerrimis, utrinque stellato- pilosis; inflorescentia pauciflora terminali; calyce 4 fido stellato- piloso, lobis triangulari- lanceolatis, acutis; corolla 4 partita, lobis oblongo- late- lanceolatis, extus stellato- pilosis; bacca globosa.

DEUTSCH-SÜDWEST-AFRIKA (Hereroland): Lüderitz 1a (ohne Standortsangabe).

Halbstrauch mit filzigen Zweigen, unbewehrt. Laubblätter ± 7 mm lang gestielt, ± eiförmig lanzettlich, spitz oder stumpf, ganzrandig, beidseitig filzig, oberseits etwas dunkler als unterseits, getrocknet fahl, ± 25 mm lang und ± 12 mm breit. Blütenstand endständig. Kelchabschnitte dreieckig lanzettlich, spitz, aussen dicht filzig sternhaarig, ± 3 mm lang und am Grunde ± 2 mm breit. Kelchröhre trichterförmig, ± 2 1/2 mm hoch. Kronlappen oblong, ± breit lanzettlich, stumpflich, ± 9 mm lang und ± 3 1/2 mm breit, aussen dicht filzig behaart. Kronröhre 3 bis 4 mm hoch. Staubfäden ± 1 mm, Staubbeutel ± 6 mm, Griffel ± 10 mm lang. Narbe kopfig kurz zweilappig. Frucht im reifen Zustande wohl schwarz, ± 6 mm im Durchmesser (getrocknet).

Solanum namaense Schinz nov. spec.

Suffruticosum, ramis junioribus stellato- pilosis sparse aculeatis; foliis petiolatis, ovato- lanceolatis, oblongo- ovatis vel ellipticis, sinuato-lobatis, acutis vel obtusis, membranaceis, basi obtusis vel cuneatis, lamina sparse stellato- pilosa; inflorescentia pauciflora; calyce 5 fido, lobis triangulari- lanceolatis, stellato- pilosis; corolla 5 fida, lobis oblongo- ovatis, dorso stellato- pilosis; bacca globosa, flava vel grisea.

DEUTSCH-SÜDWEST-AFRIKA (Gross-Namaland): am Grossen Fischfluss, Fleck; Kuddis, Fleck.

Stengel mit wenigen, meist hakenförmig gekrümmten, bis 4 mm langen, an der Basis bis 2 3/4 mm breiten Stacheln. Laubblätter bis 8 mm lang gestielt, eiförmig lanzettlich, länglich eiförmig bis elliptisch

(selten), seicht buchtig gelappt, ± 23 mm lang bei ± 10 mm Breite bis ± 75 mm Länge bei ± 45 mm Breite, häufig ± 35 mm lang und ± 15 mm breit, spitz oder stumpf, ± dünnhäutig, jedenfalls niemals lederig, namentlich unterseits mit sehr zerstreuten Sternhaaren, rasch verkahlend. Blütenstände seitlich, kurz gestielt; die Blüten- und Fruchtstiele ± 8 mm lang. Blüten ausnahmsweise einzeln, meist in 2- bis mehrblütigen Blütenständen; Blütenstiele dornig bewehrt. Kelchabschnitte am Grunde zusammengezogen, dreieckig lanzettlich, ± 3 mm lang, am Grunde ± 1¼ mm breit, Kelchröhre ± 3 mm, auf der Aussenseite mit Sternhaaren bekleidet. Kronlappen oblong eiförmig lanzettlich, stumpf oder spitzlich, ± 6 mm lang und ± 3 mm breit; Kronröhre ± 2 mm hoch. Die ganze Krone aussen dicht mit Sternhaaren besetzt. Staubfäden bandförmig, ± 1 mm lang, dicke, ± 4 mm lange Staubbeutel tragend. Griffel ± 5½ mm, mit einzelnen Sternhaaren versehen. Beere gelb oder opalfarbig, ± 12 mm im Durchmesser.

Solanum capense L. ist viel stärker bewehrt und hat tiefer gelappte Laubblätter.

Solanum Rautanenii Schinz nov. spec.

Suffrutex; ramis junioribus dense stellato- pilosis; foliis petiolatis, oblongo- ovatis, margine ± repandis, rotundatis, basi obtusis vel ± attenuatis, dense pilosis; inflorescentia pauciflora, extraaxillari; calyce 5partito, aculeato, lobis lanceolatis, acutis; corolla lutea, extus dense pilosa, lobis late lanceolatis, subacutis; staminibus 5; filamentis brevibus; bacca globosa.

DEUTSCH-SÜDWEST-AFRIKA: Ondonga im Amboland, Rautanen 726a, bl. u. fr. 24. I. 1893.

„Ombundu" in der Sprache der Aajamba (Oshindonga).

Ein Halbstrauch, dessen junge Zweige dicht filzig behaart, ab und zu mit vereinzelten, ± 2 mm langen, schwach gekrümmten, scharfen, schlanken Stacheln besetzt sind; die Farbe der behaarten Zweige ist fahlgelb. Die ± 7 mm lang gestielten Laubblätter sind ± oblong eiförmig, beidseitig dicht filzig behaart, oberseits etwas dunkler gefärbt als unterseits, ganzrandig oder weitgeschweift, abgerundet, gegen den Blattstiel zu mitunter etwas zusammengezogen, ± 35 mm lang und ± 14 mm breit. Blüten entweder einzeln oder zu zweien oder dreien seitlich an den Zweigen, mit bis zu 6 bis 10 mm Länge auswachsenden Stielen. Kelch dicht mit Sternhaaren und 3 bis 7, selten mehr, gelblichen, geraden Stacheln besetzt. Kelchzipfel breit lanzettlich, spitz, ± 3 mm lang und am Grunde ± 1½ mm breit. Kronlappen aussen dicht filzig behaart, breit lanzettförmig, fast spitz

und zwar am Ende etwas verdickt, 7 bis 8 mm lang, am Grunde 2 mm breit; Kronröhre ± 2 mm hoch, in der Kelchröhre verborgen. Staubfäden verschwindend kurz, Staubbeutel ± 5 mm lang; Griffel ± 7 mm, mit zerstreuten Sternhaaren versehen. Beeren auf in scharfem Bogen abwärts gekrümmtem Fruchtstiel, 7 bis 8 mm im Durchmesser (getrocknet), dunkelbraun.

S. delagoense Dunal (= *S. panduraeforme* E. Mey. nom. nud. = *S. Baumii* U. Dammer) hat bedeutend grössere Blüten; *S. aggregatum* Jacq. hat kahle Blätter.

Solanum upingtoniae Schinz nov. spec.

Suffrutex; ramis inermibus, juventute pilis stellatis mox deciduis obsitis; foliis petiolatis, ovatis, ellipticis vel ovato- lanceolatis, obtusis, acutis vel acuminatis, basi attenuatis; inflorescentia terminali cymosa; calyce 4partito, piloso, lobis triangularibus, obtusis; corolla 4partita, extus pilosa, lobis oblongis, obtusis; bacca globosa.

DEUTSCH-SÜDWEST-AFRIKA: Oshando in Amboland, an der Grenze gegen das ehemalige Upingtonia, Schinz 868.

Ein Halbstrauch mit unbewehrten, sehr rasch verkahlenden, ± 25 mm langen und ± 11 mm breiten, am Grunde ± zusammengezogenen, stumpflichen, spitzen oder zugespitzten, ganzrandigen, ± 4 mm lang gestielten Laubblättern mit unterseits hervortretender Nervatur erster und zweiter Ordnung. In der Jugend sind beide Seiten der Spreite dicht behaart, die Behaarung verliert sich aber in der Folge sehr rasch auf der Oberseite ±. Die Blütenstände sind terminal. Der dicht sternhaarig filzige Kelch besitzt aus breitem Grunde dreieckig aufstrebende, stumpfe Kelchzipfel von 1½ mm Länge und ± 2 mm Breite (am Grunde); die aussen dicht behaarten Kronlappen sind ± 7 mm lang und ± 3½ mm breit, oblong, stumpf. Staubfäden ± 1 mm, Staubbeutel ± 5 mm, Griffel ± 10 mm lang. Die gestielten (mindestens 5 mm) Früchte sind reif wohl dunkelbraun und messen quer etwa 6 mm (getrocknet).

Diese Art unterscheidet sich von *Solanum Lüderitzii* Schinz durch die Kelchabschnitte, die Laubblattform, die Nervatur der Spreite und deren auffallend rasche Verkahlung.

Gentianaceae.

Hans Schinz (Zürich).

Limnanthemum Thunbergianum Griseb. Gen. et Spec. Gent. (1839), 345 var. (?) **kalachariensis** Schinz nov. var.

Calycis segmentis oblongo- lanceolatis, obtusis, quam capsula duplo brevioribus; capsula polyperma, globoso- ovoidea; seminibus carinatis, laevibus, ochraceis.

SÜDWEST-AFRIKA (Kalachari): Bitterpits, Schinz 492, fr. V.

Laubblätter lederig, bis 18 cm lang und bis 14 cm breit. Blütenstände ± 25 blütig. Frucht kugelig eiförmig, bis doppelt so lang als die lanzettlichen stumpfen Kelchabschnitte, ± 70 Samen enthaltend. Samen lehmgelb, gekielt, glatt, glänzend.

Die Früchte des *L. Thunbergianum* sind so lang oder kürzer als die Kelchzipfel und nur 6- bis 18samig; die Samen sind grau, dunkel gefleckt. Nun hängt aber sicherlich die Farbe der Samen vom Reifezustand derselben ab, denn wir besitzen unter unserem Limnanthemum-Material unzweifelhafte *L. Thunbergianum* mit z. T. grauen, z. T. lehmgelben Samen aus ein und derselben Kapsel. Vielleicht repräsentiert die Pflanze von Bitterpits eine von *L. Thunbergianum* verschiedene Art, ohne Blüten wage ich indessen keine Entscheidung.

Compositae.

A. Thellung (Zürich).

Senecio basutensis Thellung spec. nov. Subgen. *Eusenecio* O. Hoffm. cf. sect. *Coriacei* R. Muschler in Englers Bot. Jahrb. XLIII (1909), 41, 61.

Perennis, radice brevi crassa, fibris incrassatis. Folia basilaria rosulata, rhombico-elliptica, basi quasi in petiolum brevissimum vaginantem attenuata, coriacea, opaca, utrinque [subtus ad nervos tantum] pilis albidis glanduliferis obsita, penninervia, nervis primariis utrinque 7—9, margine integerrima. Caules ex axillis foliorum radicalium enati, graciles, subflexuosi, (ut pedunculi) leviter anguloso-striati, pilis eis foliorum similibus asperulo-puberuli, e basi arcuata suberecti, subaphylli (basi tantum foliis 2—3 parvis elliptico-lanceolatis et superne bracteis squamiformibus praesertim ad ramificationes ornati), superne corymboso-ramosi, ramis 2—5 fastigiatis, plerumque monocephalis. Capitula longe pedunculata, mediocria, involucro (siccato) late campanulato, basi rotundato, foliolis 16—20 uniseriatis, lanceolatis, acutis et obtusiusculis, dorso glandulosis, basi bracteolis 1—3 minimis subulatis suffultis. Flores 40—50, omnes hermaphroditi, tubulosi, deflorati involucro sesquilongiores; styli rami truncati, in coronam pilorum abeuntes. Achaenia fusiformia, 10 striata, in valleculis pilis eglandulosis sursum curvatis subadpressis pubescentia, pappo achaenio duplo longiore coronata; pappi setae numerosae (circ. 100), candidae, tenuissimae, minute denticulatae.

Wurzel ca. 1 cm dick. Wurzelfasern in verschiedener Weise verdickt (meist 3—5 mm dick), teils keulenförmig, teils zylindrisch, teils dünn rübenförmig. Grundblätter ca. 8 : 4—5 cm, ± rhombisch,

am Grunde kurz stielartig verschmälert, mit breitem und dickem Mittelnerv und jederseits ca. 8 sehr spitzwinklig abgehenden, unter sich ± parallelen, gegen den Rand der Blattspreite verschwindenden und netzförmig anastomosierenden Seitennerven; Haare ca. $^2/_3$ mm lang. Stengel 20—25 mm hoch, oberwärts doldentraubig verästelt, mit einem 3—7 köpfigen Corymbus abschliessend. Kopfstiele fein drüsenhaarig, meist unverzweigt, 10—13 cm lang, unter dem Kopf kaum verdickt, fein kantig gefurcht, mit einigen winzigen Hochblättern besetzt, die allmählich in die Aussenhüllblätter übergehen; Akladium $2^1/_3$—3 cm lang. Hüllblätter 6—7 mm lang, $1^1/_2$ mm breit, hautrandig; der grüne Mittelstreif $^3/_4$—1 mm breit, aussen drüsenhaarig. Krone 7 mm lang; Röhre $4^1/_2$ mm lang, dünn, kahl; Saum $2^1/_2$ mm lang, glockig, bis zu $^1/_4$ 5 zähnig, mit 3eckig eiförmigen, ziemlich nervenlosen, an der Spitze etwas verdickten und kurz papillösen Zipfeln. Frucht 3 mm lang, ca. $^2/_3$ mm breit; Pappus ± 7 mm lang.

Die verwandtschaftliche Stellung der Art innerhalb der Untergattung *Eusenecio,* zu der sie nach der Griffelform zweifellos gehört, ist mir nicht klar geworden; ich bringe sie mit einigen Zweifeln vorläufig in der Sektion *Coriacei* Muschler unter. Die habituell ähnlichsten Arten, wie *S. launaeifolius* O. Hoffm. in O. Kuntze Revis. gen. pl. III, 2 (1898), 175 *(„launayaefolius")* und die *Plantaginei* Harvey in Harv. & Sonder Fl. Cap. III (1864—65), 348, scheinen sich durch Kahlheit oder nur spinnwebig-filzige (nicht aber drüsige) Behaarung zu unterscheiden.

BASUTOLAND: ohne Fundort, 1903, Dieterlen (Herb. Montpellier).

2.

Beiträge zur Kenntnis der Schweizerflora (XII).

Beiträge zur Adventivflora der Schweiz (II)

von

A. Thellung (Zürich).

Die folgende Zusammenstellung schliesst sich als Fortsetzung an meinen 1907 (Vierteljahrsschrift der Naturf. Ges. Zürich LII, 434—473) unter dem gleichen Titel erschienenen ersten Beitrag an. Die Auswahl neuer Adventivfunde zur Publikation erfolgte wieder nach ähnlichen Gesichtspunkten; berücksichtigt werden neben den für das Gebiet neuen Arten in der Hauptsache nur die seltener auftretenden Adventivpflanzen, die im I. Teil der 3. Auflage der „Flora der Schweiz" von Schinz und Keller (1909) nicht aufgeführt sind. Die Abgrenzung des Gebietes ist dieselbe wie bei dem genannten Werk, d. h. ausser dem Territorium der Schweiz selbst werden auch die anstossenden Teile Frankreichs, Deutschlands, Österreichs und Italiens berücksichtigt. Meine Publikation fusst auch dieses Mal wieder, neben noch unpublizierten Vorkommnissen im Herbarium Helveticum der Universität Zürich, zum grössten Teil auf den Sammlungen einiger schweizerischer Floristen, die mir in dankenswerter Weise ihre Funde zur Bestimmung bezw. Revision und Veröffentlichung überliessen, nämlich der Herren Dr. A. Binz-Basel, B. Branger - St. Moritz, M. Candrian - Samaden, Dr. H. Fischer-Sigwart-Zofingen, H. Gams-Zürich, H. Lüscher-Muri, Dr. R. Probst-Langendorf (Solothurn), Dr. W. Rytz-Bern, A. Schnyder-Buchs und W. Werndli-Zürich. Ein Teil der Funde von Basel, Solothurn und Buchs (St. Gallen), sowie die Adventivfunde von Arosa (Graubünden), sind bereits erwähnt in folgenden Publikationen:

Binz, A. Neuere Ergebnisse der floristischen Erforschung der Umgebung von Basel. Verh. Naturf. Ges. Basel XXI (1910), 126 bis 144 (Adventivpflanzen S. 143—144).

Lüscher, H. Zweiter Nachtrag zur Flora des Kantons Solothurn. Allg. bot. Zeitschr. XVI (1910), 72—73, 88—90, 122—123, 138—141.

Murr, J. Beiträge zur Flora von Vorarlberg, Liechtenstein und des schweizerischen Grenzgebietes. 45. Jahresber. des Museums-Ver. Bregenz 1907 (1909), 283—304.

Murr, J. Weitere Beiträge zur Flora von Vorarlberg und Liechtenstein. 55. Jahresber. d. k. k. Staatsgymnasiums Feldkirch, 1909—10 (1910), 3—32.

Murr, J. Zur Flora von Vorarlberg, Liechtenstein, Tirol und dem Kanton St. Gallen (XXIV). Allg. bot. Zeitschr. XVI (1910), 185—189.

Schnyder, A. Beiträge zur Flora der Kantone St. Gallen und Appenzell (Buchs und Umgebung) aus den Jahren 1905—1909. Jahrb. d. St. Gall. Naturw. Ges. 1908/09 (1910), 282—294.

Thellung, A. Beiträge zur Kenntnis der Flora von Arosa, B. Adventivflora. Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. Zürich LV (1910), 281—286.

Die Aufsätze von Prof. Dr. J. Murr - Feldkirch enthalten ausserdem zahlreiche interessante Adventivfunde aus Liechtenstein und dem Vorarlberger Grenzgebiet der Schweizerflora. Unter den Adventivfundstellen der Schweiz machen sich auch jetzt wieder zwei Lokalitäten bei Solothurn hinsichtlich der Reichhaltigkeit ihrer exotischen Flora den ersten Rang streitig: die Solothurner Malzfabrik und die von ihr mit Pflanzenkeimen versehenen Schuttstellen bei „Schöngrün“ und „Baseltor“, wo aus Abfällen (Kehricht) von ungarischem, südrussischem und türkischem Getreide (Gerste und Hafer) orientalische Unkräuter aufzugehen Gelegenheit haben, und die Kammgarnfabrik von Derendingen bei Solothurn, wo vorzugsweise australische Schafwolle zur Verarbeitung gelangt; die Komposthaufen an dieser letztgenannten Lokalität weisen neben spezifisch australischen Pflanzen auch mediterrane und amerikanische, in Australien eingebürgerte Arten (*Medicago, Erigeron crispus, Xanthium spinosum, Bidens minutus*) auf, die wir also in der Schweiz auf weitem Umweg erst aus zweiter Hand erhalten haben. Auch die schon früher bekannte Lokalität „Neue Welt“ bei Basel hat wieder einige Novitäten geliefert; endlich kommt dem Bahnhof von Buchs (Rheintal) dank seiner Rolle als Eingangspforte für den osteuropäischen Güterverkehr vom adventivfloristischen Standpunkt eine stetig steigende Bedeutung zu.

Die für das Gebiet ***neuen Arten*** sind ***fett*** gedruckt. Mit einem Stern (*) sind diejenigen Spezies bezeichnet, die einerseits in Kochs Synopsis ed. 2 (1843—45) fehlen, anderseits in den Arbeiten Höcks: „Ankömmlinge in der Pflanzenwelt Mitteleuropas während des letzten halben Jahrhunderts“ X (Zusammenfassung) in Beih.

Bot. Zentralbl. XVIII, 2. Abt. (1905) und „Neue Ankömmlinge in der Pflanzenwelt Mitteleuropas" in Beih. Bot. Zentralbl. XXVI (1910) Abt. II, 391—433 — noch nicht genannt, also als für Mitteleuropa neu zu betrachten sind.

Andropogon halepensis (L.) Brot. (*Sorghum halepense* Pers.; Mediterr., ursprünglich heimisch wohl nur im Orient). — Kiesgrube Hardau in Zürich III, 1906, Bucher!, 1908, Werndli!, 1911, Thellung; Solothurn, Baseltor, 1909, Probst! (vergl. Lüscher in Allg. bot. Zeitschr. XVI [1910], 140); Tosters (Vorarlberg): Murr in 55. Jahresber. Staatsgymn. Feldkirch 1909/10 (1910), 6.

Tragus racemosus (L.) All. var. ****erectus*** Döll in Mart. Fl. Brasil. (mit aufrechtem Stengel) (subtropische Gegenden, zunächst in N.-Afr.). — Kammgarnfabrik Derendingen bei Solothurn, 1907, Lüscher!, Probst! (vergl. Lüscher in Allg. bot. Zeitschr. XVI [1910], 140).

Panicum proliferum Lam. (Tropen) var. *decompositum* (R.Br.) Thell. (1907) f. ***flavescens*** Lüscher in Allg. bot. Zeitschr. XVI (1910), 140 (Ährchen gelblichgrün). — Derendingen (Solothurn), mit der Var., 1907: Lüscher l. c.

Phalaris canariensis L. (W.-Medit.) var. ***subcylindrica*** Thell. **n. var.** (spica graciliore elongata, crassitie sua 3—4 plo [in statu compresso plus duplo] longiore. Ährenrispe schlanker, verlängert, 3—4 mal [gepresst mehr als doppelt-] so lang als dick; daher Habitus von *Ph. brachystachys* Link oder *Ph. truncata* Guss.). — Kiesgrube Hardau in Zürich III, 1910, Thellung. [Auch auf Schutt in Freiburg i/B., 1905, Thellung.]

Phalaris cœrulescens Desf. (W.-Medit., Griechenland). — Malzfabrik und Schöngrün bei Solothurn, in Menge, 1910, Probst!

Anthoxanthum aristatum Boiss. (Mediterr.). — Solothurn, Baseltor, 1909, Probst!

Stipa* cf. *verticillata* Nees det. Hackel (*St. micrantha* Bentham Fl. Austral. ex p., non Cav.; Austral.). — Kammgarnfabrik Derendingen bei Solothurn (australische Schafwolle), 1907, Probst!

Stipa scabra* Lindley (Austral.). — Derendingen bei Solothurn, auf Kompost (austral. Schafwolle), 1910, Probst!

Phleum graecum Boiss. et Heldr. (O.-Mediterr.). — Am Tessin bei Bellinzona, 1905, M. Jäggli! (= *Phl. arenarium* Chenevard Cat. pl. vasc. Tessin [1910], 77 — non L.); Buchs, Feldweg, 1906, Schnyder!; Schöngrün bei Solothurn, 1910, Probst!

Alopecurus utriculatus (L.) Solander (Mediterr., W.-Eur.). — Bei Münchenbuchsee verschleppt, 1880, Schneider!; Bahnhof Buchs, 1905, Schnyder!; „Kastanienbaum" in Luzern (ca. 1909), Volkart!; Kappeli-Altstetten (Zürich), 1910: H. Gams.

Alopecurus setarioides* Gren. Fl. Massil. adv. (1857), 43 in Mém. Soc. Emul. Doubs sér. 3, II (1858), 459. — Heimat unbekannt (Orient?); einmal adventiv in den Wollwäschereien von Marseille. Über die Unterschiede von dem verwandten *A. anthoxanthoides* Boiss. vergl. Grenier l. c. 44.

var. (?) ***juvenalis*** Hackel et Thell. in Thell. Fl. adv. Montpell. (ined.)[1]. — Früher im Port-Juvénal bei Montpellier adventiv gefunden; urwüchsig bis vor kurzem unbekannt. — Malzfabrik Solothurn, 1910, Probst!

---

[1]) Mém. Soc. sc. nat. Cherbourg 1911, p. 100 (noch nicht ausgegeben). — Syn.: *A. neglectus* Aznavour in Magyar bot. Lapok X (1911), No. 8—10 (Aug.-Okt.), 277, t. II! (Heimat: Konstantinopel).

Sporobolus indicus (L.) R.Br. (*Sp. tenacissimus* [L. f.] Pal.; tropische und wärmere subtrop. Gebiete, auch Australien). — Derendingen (Solothurn), Kammgarnfabrik (australische Schafwolle!), 1909/10, Probst!

Polypogon monspeliensis (L.) Desf. (Medit. u. vielfach verschleppt in wärmeren Zonen). — Schöngrün bei Solothurn, 1910, Probst!; Feldkirch gegen Tosters (Vorarlberg), 1910: Murr in allg. bot. Zeitschr. XVI (1910), 189.

****Calamagrostis retrofracta*** (Willd.!) Link 1833 (*Avena filiformis* Forster! 1786 [non *Calamagrostis filiformis* Griseb. 1868]; *Deyeuxia Forsteri* [A. Rich. sub Agrostide] Kunth! 1829; *Calamagrostis Forsteri* Steudel 1840[1]). — Austral., Neu-Seeland). — Derendingen bei Solothurn, auf Kompost (austral. Schafwolle), 1910, Probst! — (Wurde auch schon bei Montpellier! und bei Hannover[2])! adventiv gefunden.)

Avena fatua L. var. *glabrata* Peterm. (Deckspelze auf dem Rücken ± kahl, Callus der Blüten mit einem Kranz ziemlich langer, ca. 1/4 der Länge der Deckspelze erreichender Borstenhaare): Güterbahnhof Zürich III, 1911, Thellung. — Var. *hybrida* (Peterm.) Ascherson (*A. sativa* × *fatua* A. *vilis* A. u. G.; Deckspelze ebenfalls ± kahl, Callus mit einem Kranz sehr kurzer, den Grund der Blüte kaum überragender Haare): mit der vorigen Var., 1911, Thellung. — Var. ***transiens*** Hausskn. (*A. sativa* × *fatua* B *transiens* A. u. G.). Blüten sich nicht freiwillig ablösend, mit rundlicher, schwach schief gestellter Abgliederungsfläche; sonst in Farbe, Begrannung und meist auch Behaarung wie bei typischer *A. fatua*. — Bahnhof Buchs, 1910, Schnyder!; Morcote (Tessin) und Güterbahnhof Zürich III, 1911, Thellung.

Avena sativa L. var. ***subuniflora*** (Trabut! 1910 sub *A. fatua*) Thell. (Blüten kahl und festsitzend, wie bei *A. sativa,* aber die untere mit kräftiger, gedrehter und geknieter Granne, wie bei *A. fatua,* die zweite Blüte kleiner und wehrlos). — Bisher nur aus Algier (Trabut!) angegeben; ganz ähnlich auch: Gibswil (Kt. Zürich), unter kultiviertem Rispenhafer, 1898, G. Bucher!; Güterbahnhof Zürich, 1911, Thellung.

Avena sterilis L. (Mediterr.). — Im Güterbahnhof Zürich 1910/11 in einem ausgedehnten Bestand, wie kultiviert! (Thellung); zwischen Castagnola und Gandria (Tessin), 1911, Thellung. — Var. ***calvescens*** Trabut et Thell. **var. nov.** (Deckspelzen ± kahl; Callus der beiden unteren Blüten lang borstig zottig): Güterbahnhof Zürich, 1911, Thellung. — Ssp. ****Ludoviciana*** (Dur.) Gillet et Magne: Hardplatz in Zürich III, beim Zugang zum Güterbahnhof, 1903, Thellung.

****Avena byzantina*** C. Koch! 1848 (*A. algeriensis* Trabut! in Bull. Agric. Algér. Tunis. 16e année [1910], 354—358; Kulturrasse der mediterranen *A. sterilis* L.)[3]). — Tiefenbrunnen bei Zürich, auf Schutt, 1899, Thellung (= *A. sativa* Naegeli u. Thell. in Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. Zürich L [1905], 241 ex p.); Güterbahnhof Zürich III (mit *A. sativa* und *sterilis*), 1910/11, und Kiesgrube Hardau in Zürich III, 1911, Thellung; Arosa (Graubünden), Schutt am Obersee (1750 m), 1908, Thellung (in der Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. Zürich LV [1910], 282 irrig unter *A. sativa* aufgeführt); Bironico (Tessin), ungebaute Orte, 1903, M. Jäggli! (Herb .Helv. Univ. Zürich); Morcote (Tessin), Strassenrand, 1909, 1911 (mit *A. sativa*), Thellung; ob an den beiden letztgenannten Lokalitäten eingeschleppt oder aus der Kultur in der Gegend selbst verwildert?

---

[1]) Näheres über die Nomenklatur dieser Art wird in meiner demnächst erscheinenden „Flore adventice de Montpellier“ mitgeteilt werden (Mém. Soc. sc. nat. Cherbourg 1911, p. 103—105, noch nicht ausgegeben).

[2]) Döhrener Wollwäscherei bei Hannover, 1893 (Herb. Berol., indet.).

[3]) Näheres über diese Spezies siehe in dem nachfolgenden Aufsatz über die Saathafer-Arten.

* ***Danthonia racemosa*** R. Br. (Austral.) — Derendingen bei Solothurn, auf Kompost (austral. Schafwolle), 1910, Probst!

Eleusine tristachya (Lam.) Kunth (*E. oligostachya* Link; S. Am., eingebürgert auf den Azoren, in Spanien und Italien). — Unkraut im botan. Garten Zürich, 1902, Schinz!

Eragrostis abyssinica (Jacq.) Link (tropisch-afrikanische Unterart von *E. pilosa* [L.] Pal.). — Zwischen St. Jakob und „Neue Welt" bei Basel, 1908, P. Vosseler! (vergl. Binz in Verh. Naturf. Ges. Basel XXI [1910], 143).

Kœleria phleoides (Vill.) Pers. (Mediterr.). — Schöngrün bei Solothurn, 1910, Probst!

Vulpia Myuros (L.) Gmelin var. ***subuniglumis*** Hackel (cf. A. et G. Syn. II, 2, 557 [1901]). — Schöngrün bei Solothurn, 1910, Probst!

Vulpia geniculata (L.) Link (W.-Mediterr.). — Ruchfeld bei Basel, 1903, Binz! (vergl. Verh. Naturf. Ges. Basel XXI [1910], 143).

Bromus erectus Hudson var. ***longiflorus*** (Willd.) Parl. (= *Br. laxus* Hornem.). — Bahnhof Buchs, 1910, Schnyder! (wohl adventiv; bis jetzt aus Deutschland, Österreich und Italien bekannt).

Bromus racemosus L. (Zentr.-Eur., doch in der Schweiz nur adventiv). — Arosa (Graubünden), Schutt beim Schulhaus, 1908, Thellung, teste Volkart (vergl. Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. Zürich LV [1910], 282).

Bromus arvensis L. var. *hyalinus* (Schur) A. u. G. (südeuropäische Rasse). — Solothurn, Malzfabrik (sehr typisch!), 1909, Probst!

Bromus intermedius Guss. (Mediterr.). — Aubonne, champs, 1887, Favrat! (als *Br. patulus*).

Bromus macrostachys Desf. (Mediterr.). — Strasse Beinwil-Reinach (Aargau), verwilderte Zierpflanze, 1908, Jos. Meier!

Bromus briziformis Fischer et Meyer (SW.-As.; auch Zierpflanze). — R. Birsufer bei St. Jakob b. Basel, 1907, P. Vosseler! (Herb. Binz).

Haynaldia villosa (L.) Schur (*Triticum villosum* M. Bieb.; Mediterr.). — Basel, an der Verbindungsbahn zwischen Hard- und Gellertstrasse, 1908, P. Vosseler!

Triticum ovatum (L.) Raspail (Mediterr.). — Der Fundort Ascona im Kt. Tessin [Scriba in Ber. d. Deutsch. bot. Gesellsch. VIII (1890), (173)] ist sicherlich — entgegen der Auffassung von Ascherson u. Graebner (Syn. II, 704 [1902]) — nicht mehr zum natürlichen Areal der Art zu rechnen.

Triticum cylindricum (Host) Ces., Pass. et Gib. (SO.-Eur., SW.-As., N.-Afr.). — Gäsi (Linthdelta) bei Weesen, 1911, M. Vischer!

Hordeum bulbosum L. (Mediterr.). — Solothurn, Schutt beim Transformatorenhaus (Abfälle von der Malzfabrik), 1908, und bei der Malzfabrik, 1910, Probst!

Hordeum marinum Hudson (SW.-Eur., Medit.) ssp. *Gussoneanum* (Parl.) Thell. (S.-Eur.). — Bahnhof Buchs, 1910, Schnyder!

Hordeum jubatum L. (N.- u. S.-Am., Sibir.). — Islas hinter Kurhaus St. Moritz, Schutt, 1910, B. Branger!

Hordeum Caput Medusae (L.) Cosson (Medit.) ssp. *asperum* (Simonkai) Degen (SO.-Eur.). — Schöngrün bei Solothurn, 1910, Probst!

Elymus canadensis L. (N.-Am.). – Orbe, adventice dans les empierrements de la rivière, 1894, Moehrlen! (als *E. sabulosus* M. B.).

***Arundinaria japonica** Sieb. et Zucc. (*Phyllostachys bambusoides* Hort., non Sieb. et Zucc.; Japan). — Verwildert bei Paradiso-Lugano, 1907, Rohrer!

***Phyllostachys** aff. **bambusoides** Sieb. et Zucc. (Japan)[1]. — Sumpfige Stellen an einem Bachufer bei Agnuzzo-Muzzano, 1903, J. Bär! (= *Phyllostachys bambusoides* Schinz u. Keller Fl. d. Schweiz ed. 2, II [1905], 400); verwildert an einer Mauer in Crucivaglio (Bez. Lugano, Tessin), 1910, H. Gams!

Tradescantia virginica L. (Zierpflanze aus N.-Am.). — Schutthaufen bei Erlenbach (Zürich), 1908: Eug. Fischer nach Schinz mscr.

Juncus tenuis Willd. (Am.). — Graubünden: Maienfeld, gegen die Eisenbahnbrücke, 1908, Jos. Braun! — Liechtenstein: Wald- und Wiesenwege von Ruggel nach Schellenberg: Murr in Allg. bot. Zeitschr. XIV (1908), 136.

Sisyrinchium angustifolium Miller (N.-Am.). — Istein bei Basel, Buxtorf! (Herb. Binz). — An der Ill bei Frastanz (Vorarlb.): L. Atzwanger nach Murr in 45. Jahresber. d. Museums-Ver. Bregenz 1907 (1909), 296; weitere Fundorte im Vorarlberg: Murr in 55. Jahresber. Staatsgymn. Feldkirch 1909/10 (1910), 8.

Tritonia crocosmiiflora (Lemoine) Voss (= *Tr. aurea* × *Pottsii* A. et G. = *Tr. Pottsii* × *aurea* Voss; Gartenbastard, dessen beide Eltern, *Tr. aurea* Pappe und *Tr. Pottsii* [Baker] Bentham, aus S.-Afr. stammen). — Schöngrün bei Solothurn, auf Schutt, 1910, Probst!

Populus balsamifera L. (N.-Am.). — Areuse-Ufer bei Couvet (Neuchâtel), teilweise verwildert, 1910, C. Wirth!

Populus candicans Aiton (N.-Am.). — Wollmatingerried längs des Mühlegrabens, durch Stockausschläge bezw. Ausläufer sich vermehrend, 1909, E. Baumann!

***Quercus rubra** L. (atlant. N.-Am.). — „Verwildert" bei Wädenswil (Zürich): Hauser in Ber. Schweiz. bot. Ges. XVII (1908), 253b; Sangenwald beim Wolfsberg Ermatingen vereinzelt, 1905, E. Baumann!

Humulus japonicus Sieb. et Zucc. (China, Japan und benachbarte Inseln). — An der Sihl gegenüber dem Sihlhölzchen in Zürich III, 1899, Thellung; Bözingen (Solothurn), Schutt, 1909, Probst!, Lüscher in Allg. bot. Zeitschr. XVI (1910), 138; Komposthaufen am Katzensee bei Zürich, 1910: Hans Schinz, G. Schellenberg. — Schutt gegen Tosters (Vorarlb.): Murr in 45. Jahresber. d. Museums-Ver. Bregenz 1907 (1909), 295.

***Urtica incisa** Poiret (Austral., N.-Seeland; ob spezifisch verschieden von *U. diœca* L.?). — Derendingen bei Solothurn, auf Kompost (austral. Schafwolle), 1910, Probst!

---

[1]) Nach freundlicher Bestimmung und Mitteilung von Prof. E. Hackel-Attersee (III. 1911) entspricht unsere Pflanze der *Phyllostachys mitis* Makino in Bot. Magaz. Tokyo XV (1901), 68 — non Rivière, nec *Bambusa mitis* Poir.; = *Ph. pubescens* Houzon de Lehaye in Le Bambou I (1906), 38 — vix Mazel ibid. p. 7; = *Ph. edulis* Houzon de Lehaye l. c. p. 39 — an *Bambusa edulis* Carr.? — Einen sicher gültigen Namen für unsere Pflanze konnte mir Prof. Hackel nicht mitteilen, wie denn überhaupt die Nomenklatur und die Synonymie der *Bambuseen* — hauptsächlich infolge der Diskrepanz zwischen den gärtnerischen und den wissenschaftlich botanischen Namen — äusserst verwirrt und kompliziert sind. Die Pflanze des Tessin unterscheidet sich von der echten, in Europa nur in den Kew-Glashäusern kultivierten (Hackel br.) *Ph. bambusoides* Sieb. et Zucc.! (von der im Herb. gen. d. Univ. Zürich authentische Exemplare aus dem Herb. Zuccarini vorliegen) hauptsächlich durch die unterseits weichhaarigen Laubblätter und die auf dem Rücken dicht flaumige Ligula.

Polygonum patulum M. Bieb. (*P. Bellardii* auct. rec. non All.[1]); Mediterr., O.-Eur., W.-As.). — Solothurn, Turnschanze, 1906, und Schöngrün, 1910, Probst!; Egelsee (Kt. Schaffhausen), 1908, Kelhofer!

Polygonum orientale L. (SO.-As.). — Zwischen St. Jakob und „Neue Welt“ bei Basel, 1908, P. Vosseler!

Polygonum cuspidatum Sieb. et Zucc. (Gartenpflanze aus Japan). — Mehrfach verwildert in Vorarlberg: Murr in 55. Jahresber. Staatsgymn. Feldkirch 1909/10 (1910), 10.

* ***Polygonum*** cf. ***polystachyum*** Wall. (Himalaya). — Schuttplatz an der Rietgasse Rheineck (St. Gallen), 1907, E. Sulger-Buel! Die Pflanze stimmt mit *P. polystachyum* leidlich überein mit Ausnahme des Umstandes, dass die Blüten gegenüber den Beschreibungen (z. B. Hooker Fl. Brit. Ind.) und der Abbildung bei Wight Ic. t. 1807! (sub *P. molli*) etwas zu klein und die Griffel im Verhältnis zum Fruchtknoten zu lang sind. — Die gleiche Form erhielt ich auch schon aus einem Garten; die Pflanze von Rheineck ist daher wohl als Kulturflüchtling zu betrachten.

Chenopodium striatum (Krašan) Murr (Indien?, O.-Asien?). — Zwischen St. Jakob und „Neue Welt“ bei Basel, 1903, Binz!

Chenopodium urbicum L. (Eur., N.-Asien; in der Schweiz nur vorübergehend verschleppt). — Rheinmühle Chur, 1908, J. Braun!; Biel, Schutt am See, 1909, Probst!

Chenopodium ambrosioides L. ssp. ***suffruticosum*** (Willd.) Thell. in Morot Journ. de Bot. 22[e] année [2[e] sér., t. II] (1909), 34 (als Rasse) (*Ch. anthelminthicum* auct. non L.; trop. Am., eingebürgert im Mediterrangebiet etc.). — Derendingen bei Solothurn (austral. Schafwolle), 1910, Probst!

Chenopodium fœtidum Schrader (trop. Afr., Am.?). — Unkraut in zwei Gärten von Göfis (Vorarlberg), 1910: Murr in Allg. bot. Zeitschr. XVI (1910), 188.

Atriplex oblongifolium W. K. (*A. tataricum* auct. nonnull. non L.; N.- und O.-Eur., W.- u. Zentr.-As.). — Bahnhof Buchs (St. G.), seit 1907 beständig, Schnyder! (vergl. Jahrb. St. Gall. Naturw. Ges. 1908/09 [1910], 285).

Atriplex sagittatum Borkh. 1793 (*A. nitens* Schkuhr 1803; O.-Eur., W.- u. Zentr.-As.). — Kiesgrube Hardau in Zürich III, 1905, Bucher!

Atriplex laciniatum L. sec. Ascherson (*A. arenaria* Woods, Tineo non H. B. K.; *A. crassifolia* Gr. Godr. non C. A. Meyer; *A. Tornabeni* Tineo sec. Rouy, Coste. — Küsten des Mittelmeergebietes und von W.-Eur. bis Dänemark und N.-Deutschland). — Derendingen (Solothurn), Kompost aus australischer Schafwolle (?!), 1909, Probst!

Atriplex tataricum L. sec. Ascherson (Mediterr., W.-As.). — Bahnhof Buchs (Rheintal), 1908, Schnyder!

Atriplex litorale L. (wohl Unterart von *A. patulum* L.; Küstenländer und salzige Stellen in Eur. u. As.). — ? Tiefenbrunnen bei Zürich, auf Schutt, ca. 1899, Thellung (Bestimmung nicht ganz sicher). — Var. ***dentatum*** Hornem. (= *A. serratum* Hudson; *A. marinum* Koch an L.?): Bahnhof Romanshorn, 1909, A. Schnyder! (det. Murr).

Suaeda maritima (L.) Dumort. (Küstenländer von Eur., As., N.-Afr., N.-Am., Austral.). — Schutt gegen Tosters (Vorarlb.): Murr in 45. Jahresber. d. Museums-Ver. Bregenz 1907 (1909), 294.

---

[1]) Vergl. Rouy Fl. France XII (1910), 108. *P. Bellardii* All. Fl. Pedem. II (1785), 205 t. 90! ist = *P. rurivagum* Jordan = *P. aviculare* L. var.

Salsola Kali L. var. *tenuifolia* Rchb. (Binnenlandsform der in den gemässigten Zonen kosmopolitischen Küstenpflanze). — Kanal Liestal-Schöntal, 1904: Heinis nach Fischer-Sigwart (br.); Güterbahnhof Genf, 1907, Jos. Braun!; Rheinmühle Chur, 1908, Jos. Braun!

Kochia scoparia (L.) Schrader (Asien; in S.- u. O.-Eur. kult. und verwildert). — Unkraut im Pfarrgarten Kilchberg (Z.), wohl aus Vogelfutter verwildert, 1910, E. Baumann!

Amarantus retroflexus L. var. *Delilei* (Richter et Loret) Thell. (1907) (besonders Medit.; doch ursprünglich, wie der Typus der Art, wohl aus dem trop. Am. stammend). — Genf: décombres aux Grands-Philosophes, 1879: Ayasse nach Déséglise in Bull. Soc. Sc. Angers (1880), 234; Bahnhof Wyla (Zürich), 1908, Dekan Baumann!

Amarantus albus L. (Trop. Am.; eingebürgert in N.-Am., Medit. etc.). — Basel, Bundesbahnhof, 1911, Binz!

Amarantus blitoides S. Watson (N.-Am.). — Thayngen (Kt. Schaffhausen), Dorfweg, 1908, Kelhofer!

Amarantus spinosus L. (Trop.). — Kilchberg (Z.), Unkraut, 1911, Dekan Baumann!

Tetragonia expansa Murray (Gemüsepfl. aus O.-As., Polynes.). — Landquart (Graubünden), auf Schutt, 1908, J. Braun!

Portulaca grandiflora Hooker (Argentin., Brasil.; Zierpflanze). — Schutthaufen bei Nieder-Uster (Zürich), 1905, Werffeli!; Kies beim Bahnhof Dübendorf (Zürich), 1909, Thellung.

Silene italica (L.) Pers. (Mediterr.). — Naturalisé en plusieurs points des Jordils, près Chambésy (Genève), où cette plante n'a cependant jamais été cultivée: Beauverd in Bull. Herb. Boiss. 2e sér. VII (1907), 160.

* ***Silene Pseudo-Atocion*** Desf. (Alger., Balear.; ob Zierpflanze in Mitteleuropa ?). — Sagens (Bündner Oberland) auf Schutt, 1901, Candrian!

Silene dichotoma Ehrh. (SO.-Eur., SW.-As.) f. ***acaulis*** (Rob. Keller) Thell. (*S. nutans* f. *acaulis* Rob. Keller! in Bull. Herb. Boiss. 2e sér. III [1903], 383). Stengel fehlend, Blüten gleichsam aus der Grundachse entspringend. — Tessin: Olivone, Flussgeschiebe, 1902, R. Keller!

Tunica velutina (Guss.) Fischer et Meyer (Mediterr.; wird von Rouy u. Foucaud als Rasse der *T. prolifera* (L.) Scop. aufgefasst). — Solothurn, Malzfabrik, 1909, Probst!

Nigella damascena L. (Mediterr.) — Sihlfeld bei Zürich, 1874, Siegfried!; Oerlikon und Unter-Affoltern (Zürich), wohl aus Bauerngärten verwildert, 1910: Gams.

Delphinium orientale Gay (Mediterr.). — Aigle, décombres, 1900, H. Jaccard!; Solothurn, in frisch gesäter Luzerne, 1908, Probst!; Rhein- und Neumühle Chur, 1908, Jos. Braun!; Bahnhof Buchs (St. Gallen), 1909, Schnyder!; Frastanz (leg. Kaiser) und Tosters (Vorarlberg): Murr in 55. Jahresber. Staatsgymn. Feldkirch 1909/10 (1910), 12.

Clematis Viticella L. (S.-Eur., SW.-As.). — Insel Reichenau (Untersee), im Ufergebüsch beim Genlishorn in Menge verwildert: E. Baumann (br.).

Ranunculus testiculatus Crantz (*Ceratocephalus orthoceras* DC.; O.-Eur., Medit. bis Zentr.-As.). — Bei Pontresina: Dr. L. Grosz nach Borbás in Termész Köslem 1898 p. 445 (Dr. A. v. Degen briefl. an Dr. Rübel).

* ***Adonis microcarpus*** DC. (Medit.; eine Var. von *A. dentatus* Del.). — Einzeln an der Illbrücke bei Frastanz (Vorarlberg): Kaiser nach Murr in 55. Jahresber. Staatsgymn. Feldkirch 1909/10 (1910), 12.

Argemone mexicana L. (Zentr.-Am., W.-Ind.; advent. in N.-Am., Eur., Afr., As. etc.) var. ***ochroleuca*** (Sweet) Lindl. (Mexico, Texas; Zierpfl. in Eur.). — Derendingen (Solothurn), Gartenflüchtling, 1909, Probst!

Lepidium Draba L. [ssp. *eu-Draba* Thell.] var. *dentatum* Baguet: Neumühle Chur, 1908, J. Braun! — Var. ***subintegrifolium*** L. Micheletti! in Bull. Soc. bot. Ital. 1908, 86—87 (Stengelblätter fast oder völlig ganzrandig, meist breiter als beim Typus; die oberen oft herzeiförmig, Öhrchen der Stengelblätter stumpfer. Italien: Alessandria! und [weniger charakteristisch] Florenz). — Delsberg, auf Schutt, 1910, Probst!

Lepidium Draba L. ssp. ****chalepense*** (L.) Thell. (SW.-As.) var. *typicum* Thell. — Getreidelagerhäuser in Brunnen, 1910, Hans R. Schinz! — [Südbahnhof München, 1903, G. Hegi!] — Neu für Europa.

Lepidium perfoliatum L. (Spanien [eingebürgert], O.-Eur., SW.-As.). — St. Moritz bei einem Pferdestall, 1900, Branger!; am Ufer der Goldach (St. Gallen), 1903: Iklé nach Bächler br. an Prof. Schinz; Rheinmühle Chur, 1908, J. Braun!; Sachseln (Unterwalden), Bahndamm, 1909, Frau Ed. Bärlocher!

Lepidium densiflorum Schrader (N.-Am.). — Bahndamm Celerina (Engadin), 1905, B. Branger!; Schosshalde Bern 1906, Kirchenfeld 1907, W. Rytz! (vergl. Fischer Fl. v. Bern 8. Aufl. [1911], 81); Bahndamm bei Sulz-Röthis (Vorarlberg): Murr in 55. Jahresber. Staatsgymn. Feldkirch 1909/10 (1910), 12.

Lepidium neglectum Thell. (N.-Am.). — Tourbillon bei Sitten, 1891, O. Naegeli!; Bahndamm Hombrechtikon (Zürich), 1894, A. Volkart!

Lepidium hyssopifolium Desv. em. DC. (Austral.). — Derendingen bei Solothurn, auf Kompost (austral. Schafwolle), 1910, Probst! (die typische Form der Art mit entfernt gesägten Laubblättern).

* ***Iberis sempervirens*** L. (S.-Eur., Kl.-As.). — Rüdlingen (Kt. Schaffhausen), an Rebbergmauern verwildert, 1909, Kelhofer, Wirth!

Myagrum perfoliatum L. (S.- u. Zentr.-Eur. [oft advent.], W.-As.). — Solothurn, Vorstadt, 1908, Probst!; Bahnhof Chur, 1908, J. Braun!

Brassica juncea (L.) Cosson (*Br. lanceolata* Lange; cf. Thellung in Verh. bot. Ver. Brandenb. L, 2 [1908], 151 seq.; NO.-Afr., SW.-As.). — Feldkirch gegen Tosters, 1910: Murr in Allg. bot. Zeitschr. XVI (1910), 185.

Brassica elongata Ehrh. (*Erucastrum elongatum* Rchb.; SO.-Eur., SW.-As.). — Aigle, auf Schutt, 1910, H. Jaccard! (Form mit ganzrandigen oberen Stengelblättern, dadurch habituell der *Br. persica* Boiss. genähert; aber Früchte wie bei typischer *Br. elongata*).

Brassica persica Boiss. (*Br. armoracioides* Czern.; S.-Russland, SW.-As.). — Yverdon: Cruchet in Bull. Soc. Vaud. Sc. nat. XXXVIII, No. 145 (1902), 333; Kiesplätze am frühern Erdbeergraben in Basel, 1903, Baumberger!; Grabs (Rheintal), bei der Strickermühle, 1908, Schnyder!; Neumühle Chur, 1908, J. Braun!; Lugano, kiesige Stelle am Seeufer gegen Castagnola, 1909, Thellung.

Sisymbrium orientale L. (Mediterr.) var. *subhastatum* (Willd.) Thell. (1907). — Basel, an der Verbindungsbahn zwischen Hard- und Gellertstr., 1908, P. Vosseler!; Bahnhof Gänsbrunnen (Solothurn), 1909, Probst!

Sisymbrium Loeselii L. (Span.; O.-Eur., W.-As.). — Surpunt bei St. Moritz (Engadin), 1904, Branger!

* ***Arabis rosea*** DC. (Zierpflanze; süditalienische Ssp. oder Var. von *A. muralis* Bertol.). — In Menge auf den Felsen nördlich von Belle-Roche bei Neuchâtel: Tripet in Le Rameau de Sapin XXXVIII (1904), 36.

Erysimum repandum L. (Span., N.-Afr., SO.-Eur., W.-As.). — St. Moritz-Salastrains, 2000 m, auf Düngerstätte, 1905, Branger!; Rhein- und Neumühle Chur, 1908, J. Braun!; Arosa gegen Rüti, 1908, Thellung (vergl. Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. Zürich LV [1910], 284); Aktienbrauerei Zürich, 1910: H. Gams. — Var. *gracilipes* Thell. (1907): Bahnhof Buchs (Rheintal), 1908, Schnyder! (vergl. Jahrb. St. Gall. Naturw. Ges. 1908/09 [1910], 289).

Erysimum erysimoides (L.) Fritsch (*E. pannonicum* Crantz; *E. odoratum* Ehrh.; S.-, Mittel- u. O.-Eur.). — Orbe, 1883, Moehrlen!

Alyssum saxatile L. (O.-Eur., Kl.-As.; oft Zierpfl.). — Eisenbahndamm bei Suruva (Engadin), 1908, Candrian!

Alyssum argenteum All. (Piemont, SO.-Eur., SW.-As.). — Hertenstein bei Baden, auf einer Mauer verwildert, 1910, Schnyder!

Alyssum campestre L. (Mediterr.). — Solothurn, Baseltor, 1909, Probst!

Alyssum hirsutum M. Bieb. (SW.-As.). — Bei Horn (St. Gallen): A. Lampert 1900 nach Bächler briefl. an Prof. Schinz.

Alyssum maritimum (L.) Lam. (Mediterr.). — Palézieux (Waadt), Schutt bei der Broie-Brücke, 1908, P. Vosseler!; Bahnhof Chur, 1908, J. Braun!; Milchbuck Zürich IV, Gartenflüchtling, 1910: H. Gams.

Malcomia maritima (L.) R.Br. (Zierpflanze aus dem östl. S.-Eur.). — Wiese bei Töss (Winterthur), 1900, A. Liesch!-(Herb. R. Keller); Kilchli bei Reigoldswil (Basel-Land) auf Schutt, 1909, Th. Probst!; Küsnacht (Zürich), auf Schutt, 1909, Oppliger!

* ***Matthiola oxyceras*** DC. (N.-Afr., SW.-As.), eine Form mit sehr kurzen Griffelanhängseln („Hörnern"), der *M. livida* (Del.) DC. genähert. — Baden (Aarg.), Schutt, 1909, Jos. Weber! [Langendorf bei Solothurn als Bienenpflanze, 1903, Probst!]

Bunias orientalis L. (S.-Russl., W.-As.). — Villa Viola, St. Moritz, Fettwiese, 1910, B. Branger!

Chorispora tenella (Pallas) DC. (S.-Russl., SW.-As.). — Turbenthal (Zürich), Kiesgrube am l. Tössufer, 1907, H. Kägi jun.!; Neumühle Chur, 1908, Jos. Braun!; Bahnhof Buchs (Rheintal), 1908, Schnyder! (vergl. Jahrb. St. Gall. Naturw. Ges. 1908/09 [1910], 286); Solothurn, Mühle Bärtschi, 1909, Probst!

Reseda alba L. (Mediterr.). — Insel Reichenau (Untersee), Ufer bei Mittelzell, 1908/09, E. Baumann!

Sarracenia „purpurea Michx." Vergl. A. Ch[arpié] in Le Rameau de Sapin 43e année (1909), 1er sept., 36. Die Pflanze wurde vom Autor 1909 im moorigen Wald zwischen Tavannes und Fuet (Berner Jura) wieder aufgefunden; wie eine Zeitungs-Umfrage ergab, war sie dort von Herrn Cornu in Vevey gesät worden.

Saxifraga „canaliculata Boiss. et Reuter" bei Thellung in Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. Zürich LII (1907), 450 ist wohl richtiger als ***S. trifurcata*** Schrader (Spanien) zu bezeichnen (die Unterschiede zwischen den beiden „Arten" sind mir weder nach der Literatur noch nach Herbarmaterial klar geworden). — Z. B.: Hitzkirch 1907, J. Meier!; Aarau (Erdhaufen) 1911, Ammann!

Ribes aureum Pursh (N.-Am.). — Kiesgrube beim Bahnhof Eglisau, 1908, C. Wirth!

Physocarpus opulifolius (L.) Maxim. (*Spiraea opulifolia* L.; Zierpfl. aus N.-Am.). — Bei Greifensee (Kt. Zürich) völlig verwildert zwischen Myricaria, Alnus und Salix, 1910, H. Gams!

Spiraea japonica L. f. (*S. callosa* Thunb.; Japan, China). — Verwildert bei Frastanz (Vorarlberg): Kaiser und Murr in 55. Jahresber. Staatsgymn. Feldkirch 1909/10 (1910), 14.

Spiraea chamaedryfolia L. em. Jacq. (*S. ulmifolia* Scop.; O.-Eur., N.- u. O.-As.). — Riese-Teufelskanzel bei Turbenthal (Kt. Zürich), 1907, Kägi!; Mühlenthal-Schaffhausen, 1909, Kummer!

Spiraea hypericifolia L. (SW.-Eur. [?], S.-Russl., W.-, Zentr.- u. N.-As.). — Mühlenthal-Schaffhausen, 1909, Kummer!

Spiraea obovata W. K. (Span., Frankr.). Von A. u. G. als Rasse der *S. hypericifolia* L. aufgefasst, nach C. K. Schneider (Ill. Handb. der Laubh.-Kunde) jedoch gute Art. — Abhang Riese-Teufelskanzel ob Turbenthal (Kt. Zürich), verwildert, 1907, Kägi!

* ***Cotoneaster Simonsi*** Baker (Himalaya). — Wald am Ottlisberg ob Zollikon (Kt. Zürich) verwildert, 1910, Thellung (1 steriles Exemplar).

Cydonia japonica (Thunb.) Pers. (*Chaenomeles japonica* Lindley; Zierpflanze aus Japan und China). — Verwildert in einem Gebüsch bei Archamps am Salève, 1903, J. Bär!

Kerria japonica (L.) DC. (China, Japan). — Halb verwildert in Mauren (Liechtenstein) und Göfis (Vorarlberg): Murr in 45. Jahresber. d. Mus.-Ver. Bregenz, 1907 (1909), 286.

Potentilla norvegica L. (N.-Eur., W.- u. N.-As., N.-Am.). — Ruchfeld bei Basel, 1908, E. Suter!; Rheinmühle Chur und Bonaduz, 1908, J. Braun!

Potentilla intermedia L. (Russl.). — Bahnhof Buchs, 1909, Schnyder!

Cytisus hirsutus L. ssp. ***elongatus*** (W. K.) Briq. (S.-Frankreich [ob spontan?], Ungarn, Serbien). — Genf: Gebüsch bei Genthod, verwildert, 1874, Spiess!

Lupinus polyphyllus Lindley (westl. N.-Am.). — Verwildert bei Töss (Kt. Zürich), 1900, Miethlich!

* ***Trigonella spicata*** Sibth. et Sm. (Griechenland, Krim, Kl.-As., Kaukas.). — Solothurn, Baseltor (Schutt von der Malzfabrik), 1909, Probst!

Melilotus indicus (L.) All. (Mediterr.) ssp. ***Tommasinii*** (Jordan) O. E. Schulz (östl. Mittelmeergebiet u. Algerien). — Orbe, adventiv aus Abfällen von Getreide aus Bombay, 1883, J. Vetter!

Trifolium resupinatum L. var. *majus* Boiss. (vorzugsweise ostmediterrane Varietät). — Anlage bei der Innbrücke zu Samaden, 1905, Candrian!

Trifolium diffusum Ehrh. (S.- u. SO.-Eur., SW.-As.). — Erdbeergraben in Basel, 1903, Baumberger!

Trifolium echinatum M. Bieb. (*Tr. supinum* Savi; SO.-Eur., SW.-As.). — Bahnhof Rheineck, 1908, Sulger-Buel!

Trifolium lappaceum L. (Mediterr.). — Bellinzona, 1907: M. Jäggli nach Chenevard Cat. pl. vasc. Tessin (1910), 293.

Galega officinalis L. (S.- u. SO.-Eur., W.-As.) f. ***variegata*** Thell. **n. f.** (vexillo cœruleo, alis et carina albidis). Fahne blau, Flügel und Schiffchen weisslich. (*G. bicolor* Boiss. et Hausskn. unterscheidet sich durch Kelchzähne, die kürzer [statt länger] sind als die Röhre). Wohl hie und da im Areal der Art, aber an Herbarexemplaren oft schwer zu konstatieren. — Langendorf (Solothurn), in einem Hühnergarten, 1909, Probst! — Die häufigste Form der Art, bei der alle Kronblätter gleichmässig bläulich gefärbt sind, mag als f. **coerulescens** Thell. **n. f.** bezeichnet werden; die rein weissblütige Form ist f. *albiflora* Boiss.

Caragana arborescens Lam. (Sibir.). — Verwildert bei Frastanz (Vorarlberg): Murr in 55. Jahresber. Staatsgymn. Feldkirch 1909/10 (1910), 14.

Scorpiurus subvillosus L. (Mediterr.). — Solothurn, Baseltor, 1909, Probst!

Ornithopus sativus Brot. (Spanien, Portugal, N.-Afr.). — Munter-Grenchen (Solothurn), Haferfeld, 1909, Lüscher!

****Hedysarum multijugum*** Maxim. (Zentr.- u. O.-As.). — Rheinfelden (verwildert oder nur kult.?), 1909, Schwere!

Vicia grandiflora Scop. (SO.-Eur., SW.-As.). — Var. *Scopoliana* Koch: Bahnhof Buchs, 1905, Schnyder!; var. *Kitaibeliana* Koch (= *V. sordida* W. K.): im Köppel ob Rheineck (St. Gallen), 1899: Custer nach Bächler br. an Prof. Schinz; Kiesgrube Hardau in Zürich III, 1909, Werndli!

Vicia pannonica Crantz (S.- u. O.-Eur., W.-As.). — Trimmis (Graubünden), 1897, Volkart!; Kirchenfeld bei Bern, 1907: W. Rytz (br.).

Lathyrus annuus L. (Mediterr.). — Orbe: Vetter in Bull. Soc. Vaud. sc. nat. XXII, n. 95 (1886), 268—277; Kiesgrube Hardau in Zürich III, 1909, Thellung (neu für Zürich; die Angabe in Naegeli u. Thellung Rud.- u. Adv.-Fl. Kt. Zürich [1905], 53 bezieht sich auf *L. hierosolymitanus* Boiss.).

Geranium macrorrhizum L. (Zierpflanze aus dem mittleren Süd- u. SO.-Eur.). — La forêt des Clées, am Fuss der Montagne de Boudry (Neuenburg), 1882: anonyme Notiz nach Aug. Dubois in Le Rameau de Sapin 44e année (1910), 11; seit einigen Jahren auf einer Mauer in St. Blaise (Neuenburg) eingebürgert: Aug. Dubois (ibid.).

Oxalis corniculata L. var. *purpurea* Parlat. (Zierpflanze). — Verwildert in Wallisellen (Zürich), 1910, Thellung.

Linum austriacum L. (SO.-Eur., SW.-As.). — Frastanz (Vorarlberg), 1910: Kaiser nach Murr in Allg. bot. Zeitschr. XVI (1910), 186.

Linum grandiflorum Desf. (Zierpflanze aus Algerien). — Rechtes Birsufer zwischen St. Jakob und „Neue Welt" bei Basel, 1908, P. Vosseler!

Euphorbia maculata L. (N.-Am.). — Bahnhof Valdomino, Linie Luino-Ponte Tresa (Italien), 1909, Thellung; Bahnhof Sins (Aargau), 1910, Lüscher!; Garten der Villa Schöllhorn an der Lindstrasse in Winterthur, 1910, Thellung; Bahnhof Bellinzona, 1911, Thellung.

Euphorbia humifusa Willd. (W.-, N.- u. O.-As.). — Unkraut im botan. Garten der Universität Neuenburg und in einigen Privatgärten, 1910, H. Spinner! (vergl. Le Rameau de Sapin, 44e année [1910], No. 3, p. 11).

Euphorbia Esula L. (fast ganz Eur., W.- u. N.-As.). — Branson (Wallis), an der Strasse nach Martigny bei der Rhonebrücke, 1909, Thellung.

Euphorbia pilosa L. (*E. procera* M. Bieb.; S.- und O.-Eur., W.-As.). — Vorbahnhof Zürich, 1891, R. Rau!

Euphorbia graeca Boiss. et Spruner (Balkan, Krim, Kl.-As.). — „Château d'Oex, 1850, Leresche"! Ob adventiv oder nur kultiviert?

*_**Rhus Coriaria**_ L. (Medit.). — Verwildert und eingebürgert auf Felsen längs der Bundesbahn-Linie zwischen Neuchâtel und Serrières: H. Spinner (br.).

Impatiens Roylei Walpers (*I. glandulifera* Royle 1839 non Arn. 1835; *I. glanduligera* Lindley—Himalaya). — Birs bei Dornach (Solothurn): E. Suter nach Lüscher in Allg. bot. Zeitschr. XVI (1910), 73; Eichholz bei Weesen seit ca. 1908 in Menge, zuerst von einer Frau Bühler gefunden: Mitteilung von Gärtner Trier in Weesen an Herrn J. Bär; Unkraut im Garten von Hrn. Trier nach derselben Quelle; Mühletal (Walensee, Glarus), verwildert seit 1910, J. Bär, 1911 Thellung.

Vitis Labrusca L. (bekannte Kulturpflanze aus N.-Am.). — Rechtes Birsufer zwischen St. Jakob und „Neue Welt" bei Basel, 1908, P. Vosseler!

Abutilon Avicennae Gaertner (SO.-Eur., N.-Afr., SW.-As.). — Unkraut im botan. Garten Zürich, 1904, Thellung.

Lavatera punctata All. (Medit.). — Reigoldswil (Basel-Land), 1910, Th. Probst!

Althaea rosea (L.) Cav. (Balkan und Inseln) var. ***Sibthorpii*** (Boiss.) Fiori & Paoletti (*Alcea ficifolia* auct. non L.; Griechenland, Kreta). — In einer Wiese ob Vevey verwildert, 1908, Wicki!

Malva crispa L. (Gartenpflanze von zweifelhafter Herkunft; vielleicht eine Kulturform der in SO.-As. heimischen *M. verticillata* L.). — Verwildert in Schaan (Liechtenstein): Murr in 55. Jahresber. Staatsgymn. Feldkirch 1909/10 (1910), 18.

Malva silvestris L. [1]) ssp. ***ambigua*** (Guss.) Rouy et Fouc. (SW.-Eur.) var. ***microphylla*** Rouy et Fouc. — Orbe, 1890, Moehrlen!

Malva neglecta Wallr. var. ***brachypetala*** Uechtr. ex Fiek Fl. Schles. (1881), 78 (Kronblätter kaum länger bis $1^1/_2$ mal so lang als der Kelch; sonst vom Typus der Art nicht verschieden, von *M. pusilla* With. durch die Ausbildung der Frucht leicht zu unterscheiden). — Aus Schlesien beschrieben; in der Schweiz, wie auch in Süddeutschland (z. B. Bahnhof Tübingen 1902, Thellung), anscheinend nur adventiv. — Stauffacherbrücke in Zürich III, 1903, Thellung; ca. 1901 auch zwischen Römerhof und Dolder (Zürich V) beobachtet.

Malva parviflora L. (Mediterr.). — Derendingen bei Solothurn (Kompost bei der Malzfabrik), 1909, Probst!

Malva pusilla With. (*M. borealis* Wallm.; N.-Eur., W.- u. N.-As.). — Tosters (Vorarlberg), 1910: Murr in Allg. bot. Zeitschr. XVI (1910), 186.

Sida spinosa L. (Tropen beider Hemisphären). — Gartenunkraut in Dornbirn (Vorarlb.): Frl. Hedwig Windler nach Murr in 45. Jahresber. d. Museums-Ver. Bregenz 1907 (1909), 286 (det. Ascherson).

Hibiscus Trionum L. (Spanien [eingebürgert], SO.-Eur., SW.-As.; gelegentlich wohl auch Zierpflanze). — Sihlfeld bei Zürich, 1874, Siegfried!; Zürich-Fluntern, neue Bergstrasse unterm Schulhaus, 1885, Weilenmann!; Lindenbachstrasse in Zürich IV, 1907, Werndli!; Murg, 1909, Schwere!

Oenothera cf. *muricata* L. (N.-Am.). — Bahnhofstrasse in St. Moritz, 1905, Branger! (ein verkrüppeltes Exemplar).

---

[1]) *M. nicaeensis* All. ist aus der Adventivflora der Schweiz zu streichen. Die Pflanze von Airolo (1904, leg. Chenevard! cf. Bull. Herb. Boiss. 2e sér. V [1905], 329) gehört nach den vom Autor mir freundlichst zur Revision überlassenen Exemplaren zu *M. silvestris* L.

Oenothera laciniata Hill 1767 (*Oe. sinuata* L. 1771; N.- u. S.-Am.). — Am Fabrikkanal Liestal-Schöntal, unterhalb der Bleiche Liestal, 1903, Heinis! (Herb. Binz); Rheinmühle Chur, 1908, J. Braun!

* ***Oenothera*** cf. ***Whitneyi*** A. Gray (*Godetia Whitneyi* T. Moore; Zierpfl., Kaliforn.). — Oberdorf bei Solothurn, auf frisch angesätem Rasen des Wasserreservoirs, 1910, Probst!

Gaura Lindheimeri Engelm. (N.-Am.). — Basel, Schutt am l. Rheinufer bei der Johanniter-Fähre, 1897, Binz!

Aralia chinensis L. (O.-As.) var. ***canescens*** (Franchet et Savatier) C. K. Schneider (*Dimorphanthus elatus* Miq.; *A. chinensis* var. *elata* Sarg.). — Junge Exemplare durch Samenabfall von kultivierten Bäumchen zeitweilig verwildert in Bludenz (Vorarlb.): Murr in 45. Jahresber. d. Museums-Ver. Bregenz 1907 (1909), 289 (als var. *elata* Miq.).

Eryngium planum L. (O.-Eur., W.-As.). — Bahnhof Buchs, 1906, Schnyder!

Scandix iberica M. Bieb. (SW.-As.). — Maggimühle in Zürich III, 1910, Werndli!

* ***Scandix pinnatifida*** Vent. (Span., N.-Afr., SW.-As.). — Maggimühle in Zürich III, 1908, Werndli!

Torilis arvensis (Hudson) Link ssp. ***neglecta*** (Rœmer et Schultes pro spec.) Thell. (Medit.). — Ruchfeld bei Basel, 1903, Binz!

Bupleurum lancifolium Hornem. (*B. subovatum* Link, *B. protractum* Hoffmannsegg & Link; Mediterr.). — St. Imier (Berner Jura), Schutt, 1908, Ganzoni!; Arosa (Graubünden) gegen Rüti, 1908, Thellung (vergl. Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. Zürich LV [1910], 285).

Ammi majus L. (Medit.) var. *intermedium* (DC.) Gren. et Godron: Dolder am Zürichberg (künstlicher Rasenplatz), 1908, Thellung.

Daucus mauritanicus (L.?) Lam. (*D. maximus* Desf.; W.-Medit. bis Dalmat.). — Feldkirch gegen Tosters (Vorarlberg): Murr in Allg. bot. Zeitschr. XVI (1910), 186 (als *D. maximus*).

* ***Cornus capitata*** Wall. (*Benthamia fragifera* Lindley). — Himalaya, China. — Auf einer verwilderten Landzunge am See bei Lugano, 1909: J. Mumenthaler nach Fischer-Sigwart (briefl.).

* ***Lysimachia atropurpurea*** L. (S.-Balkan, Kl.-As.). — Solothurn, Schutt beim Baseltor, 1910, Probst!

* ***Fraxinus*** cf. ***Willdenowiana*** Kœhne Deutsche Dendrol. (1893), 515 (*F. parvifolia* Willd. non Lam. nec *F. excelsior* var. *parvifolia* Dippel; Zierpflanze unbekannter Herkunft). — Bellach (Solothurn), am Busletenbach bei der Post (schon um 1870 beobachtet), 1907, Probst! (von Rikli in Ber. d. Zürch. Bot. Ges. X [1907], 24 als kleinblätterige *F. excelsior* angesprochen).

Periploca graeca L. (SO.-Eur., SW.-As.). — Verwildert bei Chambésy (Genf): Beauverd in Bull. Soc. bot. Genève 2e sér. II (1910), 182.

Asclepias syriaca L. (*A. Cornuti* Decne.; Zierpflanze aus N.-Am.). — An der alten Landstrasse in Küsnacht (Zürich), 1909, Oppliger! (für die Schweiz noch nicht als verwildert angegeben).

Convolvulus pubescens (Lindley) Thell. (*Calystegia pubescens* Lindl.; China). — Balsthal (Solothurn), in einem Kartoffelacker, 1909, Probst!

Pharbitis purpurea (L.) Voigt (trop. Am.). — Zwischen St. Jakob und „Neue Welt" bei Basel, 1908, P. Vosseler!

Collomia grandiflora Douglas (N.-Am.). — Gartenland bei Liestal, 1909, Heinis!

* ***Cynoglossum*** cf. ***nebrodense*** Guss. (Medit. ausser Frankr.). — Bahnhof Zürich, 1876, Siegfried! (als *C. officinale*). Die Exemplare weichen von der Mediterranpflanze durch üppigen Wuchs und sehr breite Stengelblätter stark ab, was sich jedoch vielleicht durch den abnormen Standort erklären lässt. (Auch *C. creticum* Miller [*C. pictum* Aiton] wird in der Kultur in Mitteleuropa auffallend breitblätterig.)

Cynoglossum Wallichii Don (Himalaya). — Langendorf (Solothurn), Gartenflüchtling, 1909, Probst!

„*Cynoglossum glochidiatum* Wall.“ (Himal.). — Klein-Döttingen (Aargau), verschleppt: Lüscher in Deutsche bot. Monatsschr. XI (1893), 84. Dürfte wohl gleichfalls *C. Wallichii* G. Don sein.

Omphalodes verna Mönch (SO.-Eur.). — Verwildert in Bendern (Vorarlberg): Glatzl nach Murr in 55. Jahresber. Staatsgymn. Feldkirch 1909/10 (1910), 23.

Lappula patula (Lehm.) Aschers. (Spanien, N.-Afrika, S.-Russl., SW.-As.). — Solothurn, Baseltor, mit *L. echinata*, 1909, Probst!; Bruggen bei St. Gallen, 1911, A. Heyer!

Anchusa ochroleuca M. Bieb. (SO.-Eur., SW.-As.). — Yverdon: Cruchet in Bull. Soc. Vaud. Sc. nat. XXXVIII, No. 145 (1902), 333.

Anchusa Barrelieri (All.) Vitm. (SO.-Eur., Kl.-As.). — Buchthalen (Schaffhausen), 1909, comm. Kelhofer!

Lycopsis orientalis L. (Spanien, S.-Russland, SW.-As.). — Rheinmühle Chur, 1908, J. Braun!; Solothurn, Baseltor, 1909, Probst!

Nonnea pulla (L.) DC. (O.-Eur., W.-As.). — Paspels (Domleschg, Graubünden), 1909; Haldensteinerfeld gegen Felsberg bei Chur, 1908; Glasaurer Tobel hinter Castiel (Schanfigg, 1220 m), 1903, Jos. Braun!

Nonnea lutea (Desr.) Rchb. (SO.-Eur., SW.-As.). — Elfenau bei Bern, 1907: W. Rytz (br.).

* ***Mertensia sibirica*** (L.) Don (Sibir., Altai; Zierpflanze). — St. Moritz, Ablagerungsplatz, 1908, Branger!

* ***Scutellaria lateriflora*** L. (N.-Am.). — Schutt bei Bonaduz (Graubünden), 1899, Candrian!

Sideritis montana L. (Mediterr.). — Yverdon: Cruchet in Bull. Soc. Vaud. Sc. nat. XXXVIII, No. 145 (1902), 333; Rheinmühle Chur, 1908, J. Braun!

Salvia nemorosa L. (*S. silvestris* auct. non L.; O.-Eur., W.-As.). — Langendorf bei Solothurn, Hühnergarten (aus Hühnerfutter von der Malzfabrik), 1908, Probst!; Felsberg bei Chur, Steinbruch am Calanda, 1908, J. Braun!

Salvia cf. *virgata* Aiton (SO.-Eur., SW.-As.). — Bahnhof Buchs, 1904, Schnyder!

Mentha Pulegium L. var. **hirsuta** (Pérard) Briq. (in der Schweiz nicht heimisch; wohl vorzugsweise südliche Abart). — Solothurn, Baseltor (Schutt von der Malzfabrik), 1909, Probst! (cf. Lüscher in Allg. bot. Zeitschr. XVI [1910], 122).

* ***Ocimum Basilicum*** L. (Gartenpflanze aus dem trop. As. und Afr.). — Binningen bei Basel, Schutt im Spiegelfeld, 1909, P. Vosseler!

Physalis peruviana L. var. *esculenta* (Salisb.) Fiori & Paoletti (S.-Am.). — Biel, Schutt am See, 1909, Probst!

Capsicum annuum L. (Kulturpflanze aus S.-Am.). — Binningen bei Basel Schutt im Spiegelfeld, 1909, P. Vosseler!

Solanum rostratum Dunal (N.-Am.). — Kleinhüningen, 1899, Baumberger!

Solanum sisymbriifolium Lam. (S.-Am.). — Schutt zwischen St. Jakob und „Neue Welt“ bei Basel, 1910, Binz!

Nicotiana affinis Moore (Zierpflanze, wohl Varietät der brasilianischen *N. alata* Link et Otto). — Auf Schutt gegen Tosters (Vorarlberg), 1909: Murr in 55. Jahresber. Staatsgymn. Feldkirch 1909/10 (1910), 24.

Verbascum virgatum With. (*V. blattarioides* Lam.; W.-Medit., ferner [wohl verschleppt] in Indien, S.-Afr., S.-Am.). — Insel Reichenau (Untersee), Acker bei der Ruine Schopflen, 1908, E. Baumann!; zwischen St. Jakob und „Neue Welt“ bei Basel, 1910, Binz! (eine eigenartige Form, die durch auffallend breite, etwas gezähnelte Kelchzipfel an *Celsia cretica* L. erinnert).

Verbascum Chaixi Vill. var. ***austriacum*** (Schott) Fiori & Paoletti (O.-Eur.). — Bahnhof Buchs, 1909, Schnyder!, vergl. Jahrb. St. Gall. Naturw. Ges. 1908/09 (1910), 289 (eine durch ziemlich lange Blütenstiele und deutlich kantigen Stengel dem *V. nigrum* genäherte Form).

Linaria chalepensis (L.) Miller (S.-Eur., SW.-As.). — Solothurn, Baseltor (Schutt von der Malzfabrik?), 1909, Probst!

Linaria purpurea (L.) Miller (Ital., Griech., Tunis; aus der Schweiz bisher wohl nur irrig angegeben, vergl. Thellung in Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. Zürich LII [1907], 464–65). — Auf Schutt im Illbett bei Bludenz (Vorarlberg): Glatzl nach Murr in 55. Jahresber. Staatsgymn. Feldkirch 1909/10 (1910), 24. Ob die echte Art?

Linaria bipartita (Vent.) Willd. (Zierpfl. aus N.-Afr.). — Bahnhof Chur, verwildert, 1908, J. Braun!

****Mimulus rivularis*** Nutt. (eine Subsp. von *M. luteus* L. sens. lat.; Chile) f. ***variegatus*** (Lodd.) Voss — Murgkies bei Frauenfeld, 1892, Fisch!

Mimulus moschatus Douglas (westl. N.-Am.). — Gartenunkraut in Meggen (Luzern), 1911, M. Vischer!

****Gratiola virginiana*** L. (N.-Am.). — Schuttplatz in Samaden, 1897, Candrian!

Veronica peregrina L. (Am.). — Schutt bei Samaden, 1898, Candrian!; Pflaster an der Rieterstrasse in Zürich II, 1910, H. Gams!

Veronica Dillenii Crantz; vergl. Ber. d. Schweiz. bot. Ges. XIX (1910), 160 (über einen grossen Teil von Eur. verbreitet[1]); aus der Schweiz bis vor kurzem mit Sicherheit nur adventiv bekannt). — Güterbahnhof Zürich, 1903, Naegeli und Thellung (in der Ruderal- u. Adventivfl. d. Kts. Zürich: Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. Zürich L [1905], 293 [sep. 69] irrig als *V. verna* aufgeführt). Erst im Sommer 1910 in spontanem Zustand auf Schweizerboden nachgewiesen: Gr.: Münstertal, Zuoz im Engadin, Jos. Braun! (vergl. Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. Zürich LV [1910], 265).

Melampyrum barbatum W. K. (S.- u. O.-Eur.) var. *purpureo-bracteatum* Schur: au bief d'Épendes près Orbe (Waadt), 1891, Moehrlen! (cf. Ronniger in Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. Zürich LV [1910], 312).

---

[1]) Spanien, Süd-Frankreich!, Piemont!, Deutschland!, Schweden, Oesterreich-Ungarn!, Polen!, Mittel- und Süd-Russland!, Kaukasus.

Plantago lanceolata L. var. *maritima* Gren. et Godron (*P. mediterranea* A. Kerner; S.-Eur. etc. ?). — Feldweg bei Gennersbrunn (städtischer Schuttablagerungsplatz) bei Schaffhausen, 1910, Kelhofer!

Plantago lanceolata L. ssp. *altissima* (L.) Rouy (vorzugsweise osteuropäisch-südwestasiatische Rasse). — In neuerer Zeit nicht selten mit Grassamen eingeschleppt: Chexbres (Waadt), 1907, Karl Huber!; Arosa, 1908, Thellung (Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. Zürich LV [1910], 285); Winterthur, Bahnhof Zürich und Zürichberg beim Sonnenberg, 1909, Thellung; Damm des Reservoirs im Engesumpf bei Schaffhausen, 1910, Kelhofer!; Walenstadt, Schutt am Seeufer, 1911, Thellung. — [Bahnhof Iselle (Südseite des Simplon) und Erlenbruck bei Hinterzarten (bad. Schwarzwald), 1909, Thellung.]

* ***Plantago glauca*** C. A. Meyer (Kaukas.). — Von der ähnlichen und wohl auch sehr nahe verwandten *Pl. lanceolata* L. hauptsächlich durch dickliche, kahle, blaugrüne Laubblätter und völlig kahle Kelchzipfel verschieden; wieso Boissier (Fl. Or. IV [1879], 886) dazu kommt, *Pl. glauca* als Synonym zu *Pl. Lagopus* L. zu ziehen, ist mir unverständlich. — Bahnhof Buchs (St. Gallen), 1910, Schnyder!

Plantago Psyllium L. (Mediterr.). — Solothurn, Baseltor, 1909, Probst!

Crucianella angustifolia L. (Mediterr.). — Solothurn, Malzfabrik, 1909, Probst!

* ***Galium tenuissimum*** M. Bieb. (SO.-Eur., SW.-As.). — Schöngrün bei Solothurn, 1910, Probst! (hieher gehört auch *G. divaricatum* Thell. in Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. Zürich LII [1907], 465 [non Lam.] von Solothurn).

Symphoricarpus racemosus Michx. (N.-Am.). — Riese-Teufelskanzel bei Turbenthal (Kt. Zürich), verwildert, 1907, Kägi!; verwildert bei Vaduz (Liechtenstein): Murr in 55. Jahresber. Staatsgymn. Feldkirch 1909/10 (1910), 25.

* ***Knautia ambigua*** (Friv.) Boiss. et Orph. (Thrac., Macedon.). — Yverdon: Cruchet in Bull. Soc. Vaud. Sc. nat. XXXVIII, No. 145 (1902), 333.

Cucumis sativus L. (Gartenpfl. aus Indien). — Mutschellenstrasse in Zürich II, verwildert, 1911, B. Blum!

Campanula Medium L. (Gartenpfl., SW.-Eur.). — Arosa (Graubünden), Schutt beim Schulhaus, 1908, Thellung (vergl. Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. Zürich LV [1910], 285).

Campanula carpathica Jacq. (Zierpflanze aus Ungarn, Galizien, Siebenbürgen). — Verwildert bei St. Aubin-Concise und Vaumarcus (Neuenburg), an Strassenrändern und Felsen, 1910, Wirth!

Callistephus chinensis (L.) Nees (China, Japan). — Altstetten bei Zürich, 1909, Gams!

Aster novae Angliae L. (N.-Am.). — Jussy (Genf), 1908, J. Braun!

* ***Aster multiflorus*** Aiton (N.-Am.). — „Känzeli" (Zürichberg), 1882, Itschner! (als *Erigeron canadensis*).

Aster novi belgii L. var. *stenolepis* Thellung in Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. Zürich LII (1907), 466 dürfte zusammenfallen mit der var. ***minor*** Nees Gen. et spec. Aster. (1833), 81 (= *A. floribundus* Willd. Spec. pl. III, 3 [1804], 2048 = *A. novi belgii* D) *floribundus* Ascherson & Graebner Fl. d. nordostd. Flachl., 700 [1899]).

Aster lanceolatus Willd. Spec. pl. III, 3 (1804), 2050 sens. ampl. (*A. salicifolius* Lam. Encycl. I [1783], 306; Aiton Hort. Kew. III [1789], 203 et auct. Am. bor. — non Scholler 1787 [1]) [nomen confusum]; *A. bellidiflorus* Willd. Enum. h. Berol. II [1809], 886; *A. praealtus* Poiret Encycl. Suppl. I [1810], 493; *A. frutetorum* Wimmer ex Fiek Fl. Schles. [1881], 211; *A. paniculatus* auct. Am. bor. [ad ex. A. Gray Syn. fl. N.-Am. I, 2 (1884), 187/88; Britton & Brown Ill. Fl. North. U. S. Canad. III (1898), 377] ex p. — non Lam. [2]); *A. Lamarckianus* Ascherson & Graebner Fl. nordostd. Flachl., 701 [1899] — non Nees [3]) — Zierpflanze aus N.-Am.) — Zu dieser Art, die quasi eine Zwischenart *A. novi belgii* — *Tradescanti* darstellt, ziehe ich jetzt auch die 1907 (Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. Zürich LII, 467) von mir als „*A. novi belgii* × *Tradescanti?*" publizierte Pflanze vom Espi bei Trieboltingen (Thurgau), leg. E. Baumann 1906. Als *A. frutetorum* wird die Pflanze auch aus Vorarlberg angegeben: im Bett der Bregenzer Ache bei der Lauteracher Brücke: Murr in 55. Jahresber. Staatsgymn. Feldkirch 1909/10 (1910), 26.

****Felicia tenella*** (L.) Nees (*F. fragilis* Cass.; Zierpfl. aus S.-Afr.). — Bahnhof Chur, verwildert, 1908, Jos. Braun!

Anaphalis margaritacea (L.) Bentham et Hooker (*Antennaria* R. Br.; NO.-As., N.-Am.). — Verwildert im Wilihof bei Triengen (Luzern) in Hecken und auf dem Winikerberge (Luzern) bei der Dungeln im Gebüsch, 1860, J. Suppiger! (Herb. Helv. Univ. Zürich); im Gländ im Pfaffnertal (Bez. Zofingen) verwildert 1868, Jäggi! (ibid.); Schutt am Rheinufer bei Rheineck 1876, 1879: Zollikofer nach Bächler br. an Prof. Schinz; Truns (Graubünden), an der Landstrasse verwildert, 1909, Jos. Braun!

Ammobium alatum R.Br. (Zierpflanze aus Australien). — Bahnhof Buchs (St. Gallen), auf Schutt, 1910, Schnyder!

****Pulicaria arabica*** (L.) Cass. (SW.-As., Aegypt.; Span.). — Schöngrün bei Solothurn, 1910, Probst!

****Iva frutescens*** L. (atlant. N.-Am.). — Bodenseeufer bei Horn (St. Gallen): A. Lampert 1900 nach Bächler briefl. an Prof. Schinz.

Ambrosia trifida L. (N.-Am.) var. ***integrifolia*** (Mühlenb.) Torrey & Gray — Kirchenfeld bei Bern, 1902, Wicki!; Bahnhof Buchs, 1909, Schnyder!

Xanthium echinatum Murray (*X. italicum* Moretti; vergl. Thellung in Verh. bot. Ver. Prov. Brandenb. L [1908], 142—151. — Am.; eingebürgert in S.- u. O.-Eur.). — Tägerweilen (Thurgau), mit Rosshaarabfällen gedüngter Kartoffelacker, 1902, J. Bär!

---

[1]) *A. salicifolius* Scholler Fl. Barb. Suppl. (1787), 328 kann seinen Namen nicht behalten mit Rücksicht auf das ältere, bis heute von den amerikanischen Autoren als gültig verwendete Lamarcksche Homonym. Als Ersatz dient der Name ***A. salignus*** Willd. Spec. pl. III, 3 (1804), 2040, der ausdrücklich geschaffen wurde, um die erwähnte Homonymie zu eliminieren. Der älteste für diese Art in Frage kommende Name ist *A. paniculatus* Lam. 1783 (vergl. die folgende Fussnote); doch empfiehlt sich seine Verwendung nicht wegen der Existenz eines noch ältern, nicht genügend geklärten Homonyms von Miller (1768) (ob = *A. novi belgii* L.?) und wegen der abweichenden Bedeutung des Namens bei den amerikanischen Autoren (hier grösstenteils = *A. lanceolatus* Willd.).

[2]) *A. paniculatus* Lam. Encycl. I (1783), 306 ist nach der Beschreibung („calycibus polyphyllis non imbricatis") offenbar = *A. salignus* Willd. (*A. salicifolius* Scholler non Lam.).

[3]) *A. Lamarckianus* Nees Gen. et spec. Aster. (1833), 100 ist sowohl nach der Beschreibung („periclinii foliolis subaequalibus") als auch nach dem Synonym *A. paniculatus* Lam. (vergl. die vorhergehende Fussnote) = *A. salignus* Willd.

Rudbeckia hirta L. (vera) (N.-Am.). — Langendorf (Solothurn), in frisch angesätem Gartenrasen, 1902, und Lommiswil (Solothurn), Bahndamm, 1909, Probst!; Rheindamm bei Diepoldsau (St. Gallen), 1910, S. Sutter!

Rudbeckia fulgida Aiton (N.-Am.). — Seeaufschüttung beim Belvoir Zürich II, 1900, G. Hegi! (von Naegeli u. Thellung Ruderal- u. Adventivfl. Kt. Zürich [1905], 75 als *R. hirta* aufgeführt; möglicherweise gehören auch die übrigen zürcherischen Vorkommnisse der *R. „hirta“* zu *R. fulgida*).

****Helianthus strumosus*** L. (N.-Am.) var. ***mollis*** (Willd.) Torrey et Gray (*H. mollis* Willd., Bot. Mag. t. 3689! non Lam.; *H. strumosus* var. *macrophyllus* Britton excl. syn. Willd.?[1])). — Kiesgrube Hardau in Zürich III, 1911, Thellung.

Helianthus multiflorus L. (Gartenpflanze; nach A. Gray eine Varietät des nordamerikanischen *H. decapetalus* L.). — Solothurn, Gartenflüchtling, 1909, Probst!

Helianthus debilis Nutt. (*H. cucumerifolius* hort.; N.-Am.). — Einzeln auf Schutt gegen Tosters (Vorarlb.): Murr in 45. Jahresber. d. Museums-Ver. Bregenz 1907 (1909), 290.

****Verbesina encelioides*** (Cav.) A. Gray (Zierpflanze aus dem trop. Am.). — Schutt am l. Birsufer zwischen „Neue Welt“ und St. Jakob bei Basel, 1910, P. Vosseler!

Guizotia abyssinica (L. f.) Cass. (Ölpflanze aus dem trop. Afrika, bei uns aus Abfällen von Vogelfutter verwildert). — In einer Wiese bei Reigoldswil (Basel-Land), 1910, Th. Probst!; Schuttplätze bei Kreuzlingen, ziemlich häufig, 1910: E. Baumann!; um Zürich alljährlich nicht selten! (verschiedene Sammler).

Bidens bipinnatus L. (Trop. Am.; eingebürgert in S.-Eur., As. etc.). — Schutt zwischen St. Jakob und „Neue Welt“ bei Basel, 1910, Binz!

****Layia Calliglossa*** A. Gray (*Blepharipappus Douglasii* [Hooker et Arn.] Greene; Zierpfl. aus Kalifornien). — Bahnhof Chur, 1904, Jos. Braun! (eine verkrüppelte Form mit grösstenteils gegenständigen, ganzrandigen Stengelblättern).

Tagetes minutus L. (*T. glandulifera* Schrank; S.-Am., advent. in Eur. etc., eingebürgert in Austral.). — Derendingen (Solothurn), Kammgarnfabrik (australische Schafwolle), 1909, Probst!; Schutt zwischen St. Jakob und „Neue Welt“ bei Basel, 1910, Binz!

Anthemis Cota L. (Medit.). — Sarmenstorf (Aargau), Haferfeld, 1908, Jos. Meier!

Anthemis austriaca Jacq. (SO.-Eur., Kauk., Kl.-As.). — Bahnhof Buchs (St. Gallen), 1908/09, Schnyder! (vergl. Jahrb. St. Gall. Naturw. Ges. 1908/09 [1910], 289); Neumühle Chur, 1908, J. Braun!; Arosa (1840 m), 1908, Thellung (Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. Zürich LV [1910], 285); Mastrils (Graubünden), 1909, Jos. Braun!; Bahnhof Au (St. Galler Rheintal), 1909, C. Gadient!; Aigle, champ inculte, 1910, H. Jaccard!

---

[1]) Der neuerdings als „Helianthi“ oder „Salsifis“ vielfach kultivierte *H. macrophyllus* Willd. (vergl. P. Graebner in Notizbl. kgl. bot. Garten u. Mus. Berlin V, n. 44 [1909], 107—8) unterscheidet sich von meiner Pflanze durch unterseits rasch verkahlende (nicht bleibend fein grauhaarige) Laubblätter und längere Hüllblätter.

Anthemis austriaca Jacq. var. *truncata* Thellung in Schinz u. Keller Flora der Schweiz 2. Aufl. II (1905), 218. — Diese Varietät besitzt Spreublätter von der gleichen Form wie die der *A. austriaca* nahestehende *A. Brachmanni* Boiss. et Heldr.! aus Griechenland; letztere Art unterscheidet sich jedoch von meiner Varietät (wie auch vom Typus der *A. austriaca*) durch weniger regelmässig kammförmig gestellte Abschnitte letzter Ordnung der Laubblätter, durch bräunlich- (statt weisshäutig-) berandete Hüllblätter und namentlich durch die grösseren, schwach zusammengedrückten und fast stumpfkantigen (statt zweischneidig zusammengedrückten) Früchte. Den von Boissier (Fl. Or. III [1875], 285) noch angegebenen Unterschied in der Grösse der Köpfe finde ich nicht zutreffend, da an den authentischen Heldreichschen Exemplaren vom Taygetos, die ich durch die freundliche Vermittlung von Herrn G. Beauverd in Genf einsehen konnte, die Köpfe keineswegs grösser sind als an gewöhnlicher *A. austriaca*.

Anthemis ruthenica M. Bieb. (SO.-Eur., Kauk.). — Bahnhof Buchs, Schnyder! (vergl. Jahrb. d. St. Gall. Naturw. Ges. 1908/09 [1910], 288); Arosa (1840 m), 1908, Thellung (Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. Zürich LV [1910], 285); Rhein- und Neumühle Chur, 1908, J. Braun!; Bruggen bei St. Gallen, 1911, A. Heyer!

Achillea Neilreichii Kerner (eine Form von *A. nobilis* L. mit blassgelben Blüten = var. *β Neilreichii* G. Beck). — Yverdon: Cruchet in Bull. Soc. Vaud. Sc. nat. XXXVIII, No. 145 (1902), 333.

Chrysanthemum segetum L. (Medit.; Zentr.-Eur., meist verschleppt). — Ruchfeld bei Basel, 1908, E. Suter!

Chrysanthemum coronarium L. (Medit.). — Zwischen St. Jakob und „Neue Welt" bei Basel, 1908, P. Vosseler!

Chrysanthemum Parthenium (L.) Bernh. (Medit., meist kultiviert und verwildert, einheimisch wohl nur im Orient). — In der Blattform sehr veränderlich; eine von Baumberger 1903 am Erdbeergraben in Basel gesammelte Pflanze hat fast 3fach fiederschnittige Laubblätter und nähert sich dadurch dem orientalischen *Chr. partheniifolium* (Willd.) Bernh., das von Boissier (Fl. Or. III [1875], 344) als eigene Art, dagegen von Voss (in Vilmorins Blumengärtnerei ed. 3 [1896], 509) als unbedeutende Form von *Ch. Parthenium* aufgefasst wird.

* ***Chrysanthemum roseum*** Weber et Mohr (*Pyrethrum carneum* M. Bieb.; *P. roseum* Lindey non M. Bieb. — Zierpfl. aus dem Kaukasus u. Persien). — Schutt bei Bevers (Engadin), 1901, Candrian!

Chrysanthemum macrophyllum W. K. (SO.-Eur., Kaukas.). — Rüfi bei Trimmis (Graubünden), aus einem Garten verwildert, 1908, J. Braun!

Artemisia annua L. (O.-Eur., W.- u. N.-As.). — Langendorf (Solothurn), „in mehreren Gärten seit einigen Jahren verwildert und alljährlich erscheinend", 1909, Probst!; ? Binningen bei Basel, Schutt im Spiegelfeld, 1909, P. Vosseler! (zu wenig entwickeltes Exemplar); Trins (Graubünden), Gartenflüchtling, 1909, J. Braun!; verwildert in Schellenberg (Liechtenstein), 1910: Murr in Allg. bot. Zeitschr. XVI (1910), 187.

Erechthites hieraciifolius (L.) Rafin. (N.-Am; eingebürgert in Oesterreich usw.). — Bahnhof Buchs, 1908/09, Schnyder! (vergl. Jahrb. St. Gall. Naturw. Ges. 1908/09 [1910], 289).

Carduus nutans L. ssp. *macrocephalus* (Desf. pro spec.) Gugler (Mediterr.). — Bahnhof Buchs, 1904/06, Schnyder! (vergl. Jahrb. St. Gall. Naturw. Ges. 1908/09 [1910], 289); bei der „Bleiche" Liestal, 1905, Heinis!

Carduus acanthoides L.? (Identisch mit von † Gugler bestätigten Exemplaren von Orbe, die aber vielleicht doch zu *C. multiflorus* Gaudin = *C. crispus* L. var. DC. = *C. acanthoides* var. Rouy gehören; zwischen *C. multiflorus* und *acanthoides* scheinen nur graduelle Unterschiede zu bestehen. — Heimat des *C. acanthoides:* ein grosser Teil von Europa, aber in der Schweiz nur sehr selten adventiv; selbst das einzige einigermassen sichere Vorkommnis von Orbe scheint mir etwas zweifelhaft!). — Lommiswil (Solothurn), Bahndamm, 1909, Probst!

Carduus acanthoides L. var. ***squarrosus*** Rchb. (Hüllblätter bogig zurückgekrümmt; von den dadurch ähnlichen *C. nigrescens, hamulosus, spiniger* etc. durch die starke, für *C. acanthoides* charakteristische Bestachelung verschieden). — Bahnhof Buchs, 1906, Schnyder! (vergl. Jahrb. St. Gall. Naturw. Ges. 1908/09 [1910], 289).

****Carduus*** cf. ***nigrescens*** Vill. (S.-Frankreich, Spanien, Balearen). — Orbe, 1888, Moehrlen!

Serratula coronaria L. (O.-Eur., Sibir.). — Vouvry (Wallis), 1900, F. O. Wolf! (schon von Schinz u. Keller Fl. d. Schweiz 2. Aufl. II [1905], 227 ohne Angabe der Lokalität erwähnt).

Crupina Crupinastrum (Moris) Vis. (*Cr. Morisii* Bor.; Medit.). — Ardon (Wallis), 1887: Papon in Herb. Hungar. (Ungar. Nationalmuseum) nach † W. Gugler br. (II. 1908).

Centaurea spinulosa Rochel = *C. Scabiosa* L. ssp. *eu-Scabiosa* W. Gugler var. *spinulosa* Koch (Ungarn, SO.-Eur.). — Yverdon: Cruchet in Bull. Soc. Vaud. sc. nat. XXXVIII, No. 145 (1902), 333.

Centaurea „Sadleriana Janka" [= *C. Scabiosa* L. ssp. *Sadleriana* A. u. G. (Ungarn, SO.-Eur.)]. — Yverdon: Cruchet in Bull. Soc. Vaud. Sc. nat. XXXVIII No. 145 (1902), 333. Wahrscheinlich handelt es sich um die gleiche Pflanze, die Vetter unter dem Namen *C. Sadleriana* von Orbe angibt, die jedoch nach der Bestimmung von † W. Gugler zur *C. Scabiosa* ssp. *badensis* (Tratt.) var. *tenuifolia* (Schleicher) Gugler in Ann. Mus. Nat. Hungar. VI (1908) sep. p. 126 gehört.

Centaurea orientalis L. (SO.-Eur., Kaukasus). — Yverdon: Cruchet in Bull. Soc. Vaud. sc. nat. XXXVIII, No. 145 (1902), 333.

****Centaurea diluta*** Aiton (Marokko, Algerien?). — Zwischen St. Jakob und „Neue Welt" bei Basel, 1908, P. Vosseler! (det. † W. Gugler); vergl. Binz in Verh. Naturf. Ges. Basel XXI (1910), 144.

Centaurea diffusa Lam. (S.-Russland, SW.-Asien). — Yverdon: Cruchet in Bull. Soc. Vaud. sc. nat. XXXVIII, No. 145 (1902), 333; ebenda auch Bastardformen.

Scolymus hispanicus L. (Mediterr.). — Yverdon: Cruchet in Bull. Soc. Vaud. Sc. nat. XXXVIII, No. 145 (1902), 333.

Lapsana communis L. var. ***hirta*** Guss. (= var. *glandulosa* Freyn; S.-Eur.). Pflanze ± drüsenhaarig. — Bahnhof Buchs, 1908, Schnyder! (vergl. Jahrb. d. St. Gall. Naturw. Ges. 1908/09 [1910], 288); Kiesgrube Hardau in Zürich III, 1910, Thellung.

***_Lapsana_** cf. **_intermedia_** M. Bieb. (Balkan, Krim, Kl.-As., Kauk.). Köpfe grösser als bei *L. communis* L. (Hülle 8—10 mm lang), länger gestielt, in lockererm Gesamtblütenstand; Blüten doppelt- (statt 1½ mal) so lang als die Hülle, dunkler gelb. — Bahnhof Buchs, 1908, Schnyder! (vergl. Jahrb. d. St. Gall. Naturw. Ges. 1908/09 [1910]. 288; die Pflanze wurde von Murr in 45. Jahresber. d. Museums-Ver. Bregenz 1907 [1909], 291 als *L. grandiflora*[1]) angesprochen). Eine ähnliche, wo nicht identische Form beobachtete ich ca. 1903 am Hardplatz in Zürich III; leider versäumte ich jedoch, da ich damals in der Pflanze nur eine üppige Form der *L. communis* erblickte, Exemplare davon zu trocknen. — Nomenklatur und Systematik der orientalischen „Arten" aus der Verwandtschaft von *L. communis* sind noch zu wenig geklärt; die von Boissier Fl. Or. aufgeführten Spezies dürften wohl nur zum Teil als solche aufrecht zu erhalten sein. *L. macrocarpa* Cosson (= *L. communis* var. *macrocarpa* Battand. et Trabut, Fiori et Paoletti; NW.-Afr., S.-Ital.?) hat, wie *L. intermedia*, 1 cm lange Hülle, aber kürzere Blüten, die die Hülle nur wenig überragen.

Picris hieracioides L. ssp. **_spinulosa_** (Bertol. pro spec.) (= *P. stricta* Jordan; S.-Eur., Medit.?). — Ufer der Maggia bei Locarno, 1892, R. Rau!; Locarno, terrain vague, 1904, Chenevard! (als *P. hieracioides* var. *alpestris* A.-T.); bei der Rhonebrücke bei Fully, 1909, G. Brunner! In allen drei Fällen ist die Bestimmung als *P. spinulosa* nicht zweifellos sicher; die von den Autoren angegebenen Unterscheidungsmerkmale gegenüber *P. hieracioides* erweisen sich bei der Prüfung eines reichen Materials als unzulänglich.

Picris Sprengeriana (L.) Poiret (Medit.). — Ruchfeld bei Basel, 1903, Binz!

Crepis vesicaria L. (*Barkhausia vesicaria* Sprengel; Medit.). — Tessin: Val Maggia, au bord d'une prairie naturelle: Chenevard in Bull. Herb. Boiss. 2e sér. VII (1907), 255.

---

[1]) *L. grandiflora* M. Bieb. (1808) hat nach den Nomenklaturregeln den Namen **_L. erysimifolia_** (Willd. 1804 sub «*Prenanthes*») Thell. **comb. nov.** zu heissen; vergl. Boiss. Fl. Or. III (1875), 721.

Register der Gattungsnamen.

3.

Über die Abstammung, den systematischen Wert und die Kulturgeschichte der Saathafer-Arten (*Avenae sativae* Cosson).

Beiträge zu einer natürlichen Systematik von *Avena* sect. *Euavena*.

Von **A. Thellung** (Zürich).

Kaum eine zweite Kulturpflanze dürfte sich so gut zur Demonstration der Unterschiede zwischen den einstigen und den heutigen Methoden und Zielen der systematischen Botanik eignen wie der Hafer. Linné und seine unmittelbaren Nachfolger reihten die Saat- und die Wildhafer-Arten (*Avena sativa* L., *orientalis* Schreb., *strigosa* Schreb., *brevis* Roth, *nuda* L., *fatua* L., *sterilis* L. und *barbata* Pott) koordiniert hintereinander, anscheinend ohne sich über eventuelle phylogenetische Beziehungen zwischen einzelnen dieser Formen, die zusammen die Sektion *Euavena* Griseb. (1844) oder die Gesamtart *A. sativa* Ascherson u. Graebner (1899) ausmachen, Rechenschaft zu geben. So treffen wir z. B. bei Willdenow (Spec. pl. I. [1798] 445—49) folgende Anordnung der uns interessierenden Arten: .... *A. brevis* Roth, *A. alba* Vahl, *A. strigosa* Schreb., *A. orientalis* Schreb., *A. sativa* L., *A. Forskaelei* Vahl, *A. nuda* L., *A. fatua* L., *A. elephantina* Thunb., *A. sesquitertia* L., *A. lutea* L. f., *A. tenuis* Mönch, *A. pubescens* Huds., *A. sterilis* L. ...., wobei also z. B. *A. fatua* und *A. sterilis*, zwei einander sehr nahestehende Arten, durch Angehörige anderer Sektionen oder selbst anderer Genera getrennt werden.

1854 unternahm Cosson[1]) unter Mitwirkung von Durieu de Maisonneuve den ersten Versuch einer natürlichen Gruppierung der genannten Arten, indem er sie auf zwei Subsektionen der Sektion *Avenatypus* (= sect. *Euavena* Griseb.) verteilte; als Einteilungsprinzip figurierte dabei die Gliederung der Blüten auf der Ährchen-

[1]) Cosson, E. Classification des espèces du genre *Avena* du groupe de l'*Avena sativa* (*Avena*, sect. *Avenatypus*). Bull. Soc. bot. France I. (1854) 11—17.

spindel und die damit zusammenhängende schiefe resp. horizontale Insertion der Deckspelze[1]):

Subsect. I. ***Sativae*** l. c. p. 13[2]) (= Saathafer-Arten): Blüten auf der Ährchenspindel nicht gegliedert, nur durch den Bruch der Achse selbst sich ablösend. Hieher gehören: *A. sativa, orientalis, strigosa, brevis, nuda.*

Subsect. II. ***Agrestes*** p. 14[2]) (= Wildhafer-Arten): Ährchenachse unter der untersten Blüte gegliedert; letztere daher bei der

---

[1]) Schon früher (1845) hatte Durieu de Maisonneuve (in Duchartre Rev. bot. I. 359) bei der Beschreibung dreier neuer Arten aus der Gruppe der *A. sativa* (*A. longiglumis, clauda* und *eriantha*) auf die Artikulation der Ährchenspindel als systematisch verwertbares Merkmal aufmerksam gemacht. — Dass sich die Saathafer-Arten vor den Wildformen durch nicht ausfallende Scheinfrüchte auszeichnen, war übrigens schon im Altertum bekannt; spricht doch Plinius im 1. Jahrhundert n. Chr. (Nat. Hist. XVIII, 143) von einem Kulturhafer — nach unserer heutigen Auffassung wohl *Avena byzantina* C. Koch — als der «*Avena Graeca, cui non cadit semen*». Auch C. Bauhin hatte das Ausfallen der Scheinfrüchte beim Flughafer wohl bemerkt, da er (Theatr. bot. [1658] 472) über seine «*Avena nigra*» (= *A. fatua* L.) schreibt: „granum . . . tunica triplici vestitur, quarum tertia maturescens citò cadit.“ Ebenso beschrieb Cupani, der gegen Ende des 17. Jahrhunderts die Flora von Sizilien bearbeitete, die dort vorkommenden Wildhafer-Arten sehr treffend mit folgenden Ausdrücken: 1. «*Festuca longissimis glumis, vacuis, spadicei coloris*» (Hort. Cathol. [1696] 72 sec. G. E. Mattei in litt.) = *A. sterilis* L. (teste Durieu in Act. Soc. Linn. Bordeaux XX. [1855] 54); 2. «*Avena gracilior, elatior, ramosa, folliculis prae maturitate vacuis* . . ., vulgo Aina fimminedda» (Suppl. alt. Hort. Cathol. [1697] 12 sec. G. E. Mattei in litt.) = *A. barbata* Pott (teste Durieu l. c.); 3. «*Avena elatior, ramosa, folliculis prae maturitate vacuis*» (Pamph. Sic. I. [1713] t. 196 sec. Parlatore Fl. Ital. I. [1848] 290) = *A. fatua* L. (sec. Parlatore et Durieu ll. cc.; ob wirklich verschieden von der vorigen Art?). — Merkwürdig genug, dass die Botaniker der Neuzeit bis 100 Jahre nach Linné dieses so auffällige und auch praktisch wichtige Unterscheidungsmerkmal zwischen den *Avenae agrestes* und *sativae* fast durchwegs übersehen haben! Vor 1845 finde ich einzig bei drei Schriftstellern das frühzeitige Ausfallen der Scheinfrüchte der Wildhafer-Arten erwähnt: Mattuschka (Fl. Siles. [1776] 68) äussert sich folgendermassen über *A. fatua:* «Der reife Saame löset sich leicht von den anklebenden Bälglein, und fällt bey der geringsten Bewegung heraus»; Dumont de Courset (Bot. cult. II. [1802] 124 seq., nach Durieu l. c. 1855 p. 54/5) bemerkt, dass *A. sterilis* L. (die der Autor als vermeintlich neue Spezies, *A. Novae Velliae* Dum.-Cours., beschreibt) wegen des erwähnten Umstandes zum Anbau (der zu jener Zeit in Frankreich gelegentlich zum Zweck der Futtergewinnung versucht wurde) untauglich sei, und ebenso erwähnt Döll (Rhein. Fl. [1843] 100), dass *A. fatua* wegen der ausfallenden Blütchen nicht kultivierbar sei. — Der von Linné dem Flughafer gegebene Name *A. fatua* (*fatuus* = albern, einfältig; franz. Folle-Avoine) soll nach Saint-Lager (in Cariot Etude des Fleurs ed. 8. [1889] 921 nach Ed. Bonnet br.) eine Metapher sein, um das (scheinbar sinnlose) frühzeitige Ausfallen der Blüten anzudeuten; umso sonderbarer erscheint es, dass Linné und seine Zeitgenossen dieses Merkmal des Flughafers in den Beschreibungen nicht erwähnen. [Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass der Name «*Avena fatua*» schon bei Tabernaemontanus (New Kreuterbuch I. [1588] 671) vorkommt, aber in der Bedeutung von *Bromus sterilis* L.]

[2]) Bei Durieu in Act. Soc. Linn. Bordeaux XX. (1855) 48 figurieren die Gruppen *Sativae* und *Agrestes* Coss. et DR. als Subsektionen der Sektion *Genuinae* Koch.

Reife (verbunden mit dem darüberstehenden Glied der Ährchenachse) sich leicht ablösend, wobei der Callus an ihrem Grunde eine sehr deutliche, von der Abgliederung herrührende Narbe (wulstförmig umrandete Vertiefung) aufweist, die in ihrer Form mit dem zwischen den Hüllspelzen stehenbleibenden Stück der Ährchenachse übereinstimmt. Diese Subsektion wird weiterhin eingeteilt in:

§ 1. ***Biformes*** (p. 14): Blüten von zweierlei Art: nur die unterste Blüte eines jeden Ährchens ist von der Achse abgegliedert und weist am Grunde einen Callus mit sehr deutlicher Abgliederungsnarbe auf; die oberen Blüten sind nicht abgegliedert und lösen sich (wie bei den *Sativae*) nur durch gewaltsamen Bruch der Achse selbst ab; normalerweise fallen also sämtliche Blüten als Ganzes verbunden (an einem Stück) aus den Hüllspelzen heraus. Hieher: *A. ventricosa* Bal., *A. sterilis* L., *A. eriantha* Durieu.

§ 2. ***Conformes*** (p. 14): alle Blüten unter sich gleich gestaltet, auf der Achse gegliedert und mit deutlicher Abgliederungsnarbe auf dem Callus, mit dem über ihnen stehenden Stück der Ährchenachse abfallend. Vertreter: *A. longiglumis* Durieu, *A. clauda* Durieu, *A. hirsuta* Roth [= *A. barbata* Pott], *A. fatua* L.

Anschliessend daran bemerkt Cosson (l. c. p. 15) richtig, dass bei den typisch sich abgliedernden Blüten, deren Ablösung freiwillig erfolgt, die Artikulationsfläche schief gestellt ist, während die (funktionslos gewordene) Abgliederungsfläche der festsitzenden Blüten horizontal verläuft. (Vergl. dazu die Tafel von Haussknecht in Mitteil. geogr. Ges. [Thür.] Jena III. [1885].)

Nach dieser Gruppierung wären also die Saathafer-Formen unter sich (und ebenso die *Agrestes*-Arten untereinander) näher verwandt als mit den Vertretern der andern Subsektion. Diese Auffassung ist bis in die jüngste Zeit die herrschende geblieben; sie wird in extrem konsequentester Weise vertreten z. B. durch Fiori u. Paoletti, die (Fl. anal. Ital. I. 1. [1896] 72) innerhalb der Sektion *Euavena* nur zwei Arten unterscheiden, nämlich 1. *A. sativa* L. mit den Varietäten *α typica* (inkl. b. *orientalis* und c. *nuda*), *β brevis* (Roth), *γ strigosa* (Schreb.) und 2. *A. fatua* L. mit den Var. *α typica*, *β sterilis* (L.) (a *genuina*, b *Ludoviciana* [Dur.]), *γ hirsuta* (Mönch) [= *A. barbata*]. Auch Körnicke (in Körn. u. Werner Handb. d. Getreidebaus I. [1885] 192, 206—220) und Ascherson u. Graebner (Syn. d. mitteleur. Fl. II. 1. 233—244 [1899]) vertreten einen ähnlichen Standpunkt, indem sie sämtliche Saathafer-Arten als koordinierte Varietäten (Körnicke) oder Unterarten (Ascherson u. Graebner) der *A. sativa* L. s. lat. (= Sect. *Sativae* Coss.) auffassen, während die letztgenannten Autoren die Wildhafer-Arten als getrennte Spezies behandeln.

Mit dieser Cossonschen Gruppierung in *Sativae* und *Agrestes* (*Biformes* und *Conformes*) war wohl eine praktische, auf relativ leicht wahrnehmbare, morphologisch-biologische Merkmale begründete Einteilung der Sektion *Euavena* gegeben, nach der sich die bekannten und die eventuell noch neu zu entdeckenden Vertreter leicht in drei Abteilungen bringen liessen. Da jedoch, wie gleich zu zeigen sein wird, diese Gruppierung den wahren verwandtschaftlichen und phylogenetischen Beziehungen der einzelnen Arten nicht gerecht wird, indem einerseits nahe verwandte, nach unserer heutigen Auffassung unmittelbar voneinander abstammende Formen (z. B. *A. sativa* und *A. fatua*) weit getrennt in verschiedenen Subsektionen untergebracht werden müssen und anderseits Konvergenzformen heterogenen Ursprungs in der Subsect. *Sativae* vereinigt sind, so kann die obige Einteilung, die als künstlich zu bezeichnen ist, den Ansprüchen, die wir heute an die wissenschaftliche systematische Botanik stellen, nicht mehr genügen.

Gegen die in der oben gegebenen Systematik zum Ausdruck gelangende Auffassung der Verwandtschaftsverhältnisse der *Euavena*-Arten machte zuerst C. Haussknecht von 1885 an in einer Serie von kleineren Mitteilungen [1]) Front. Er fand so nahe verwandtschaftliche Beziehungen und auch Übergangsformen zwischen *A. fatua*, dem „Flughafer“ und *A. sativa*, dem gemeinen Saathafer, dass er nicht nur erstere für die wilde Stammform der letzteren erklärte, sondern sogar *A. sativa* mit einer grösseren Anzahl anderer Formen als Varietät zu *A. fatua* stellte (l. c. 1885 p. 238). Damit war gleichzeitig auch, wie Haussknecht (l. c. 237) mit Recht betont, der Nachweis von der Unhaltbarkeit der Subsektionen *Sativae* und *Agrestes* erbracht.

Betrachten wir nun die verschiedenen Kulturhafer-Arten für sich und suchen wir von jeder einzelnen die Abstammung zu ermitteln; denn wir werden bald sehen, dass es nicht angeht, sämtliche *Sativae*, wie dies meist geschieht, in gleicher Weise von *A. fatua* abzuleiten.

1. Dass ***A. sativa*** L., der gemeine Saathafer (franz.: Avoine ordinaire), von *A. fatua* L., dem Flughafer (franz.: Folle-Avoine), abstammt, wird von den neueren Forschern, die überhaupt eine noch

[1]) Haussknecht, C. «Über die Abstammung des Saathabers». Mitteil. d. geogr. Gesellsch. (Thür.) Jena III. (1885) 231—242 mit Tafel. — Id. «Über die Abstammung des Saathabers». Mitteil. Thür. bot. Ver. N. F. II. (1892) 45—48. — Id. «Kritische Bemerkungen über einige *Avena*-Arten». Mitteil. Thür. bot. Ver. N. F. VI. (1894) 37—45. — Id. «Symbolae ad floram graecam». Ibid. N. F. XIII./XIV. (1899) 18—77: Bemerkungen über *Avena* p. 43—51.

heute lebende Stammform annehmen[1]), übereinstimmend anerkannt; die Beobachtungen und Versuche Haussknechts (l. c. 1885), der eine ganze Serie von fruchtbaren — nach seiner Auffassung phylogenetischen — Übergangsformen[2]) zwischen den beiden genannten Arten feststellte[3]), scheinen genugsam beweisend zu sein[4]). Gleichwohl finde ich in der neueren und neuesten Literatur (mit Ausnahme der zitierten Arbeiten Haussknechts) nirgends die logische Konsequenz gezogen, dass *A. fatua* und *A. sativa* zu *einer* Spezies (*A. fatua* Hausskn. l. c. 1885 p. 237—239) vereinigt werden müssen. Die Übergangsformen werden vielmehr (z. B. auch von Ascherson u. Graebner Syn. II. 1. 242 [1899]), trotz ihrer vollkommenen Fruchtbarkeit, als Hybride zweier gesonderter Arten aufgefasst (dass hin und wieder Mischlinge zwischen der Wild- und der Kulturform vorkommen können, soll damit selbstredend nicht bestritten werden).

Betrachten wir das Verhältnis von *A. sativa* zu *A. fatua* von einem moderneren als vom rein morphologisch-klassifikatorischen, nämlich vom biologisch-phylogenetischen Standpunkt, so erkennen wir bald, dass die Unterschiede von *A. sativa* gegenüber *A. fatua* auf den Verlust der natürlichen Verbreitungsmittel der Früchte hinauslaufen. Der Zerfall des Ährchens bei der Reife (infolge der spontanen Abgliederung der einzelnen Blüten), sowie die Verbreitung der Scheinfrüchte („Körner") mittelst der Grannen und der rauhen Haare waren, wie schon Cosson (l. c. 1854 p. 14) und Haussknecht (l. c. 1885 p. 241) hervorheben, für die Bedürfnisse des Menschen ungünstig, da sie einen bedeutenden Körnerverlust bei der Reife zur Folge hatten; nichts liegt daher näher als die An-

---

[1]) Alph. De Candolle (Orig. pl. cult. [1883], deutsche Ausgabe [1884] 475) stellt die Hypothese von einer prähistorischen, im gemässigten Osteuropa und in der Tatarei heimischen Wildform auf. In Übereinstimmung damit geben französische Floristen, z. B. Coste (Fl. descr. ill. France III. 6. [1906] 591), die Herkunft des Hafers als unsicher an.

[2]) Anfänglich (in Möller Fl. NW.-Thür. [1873] 199) hielt Haussknecht, der allgemeinen Annahme von der spezifischen Verschiedenheit von *A. sativa* und *fatua* folgend, derartige Zwischenformen für Bastarde, überzeugte sich aber bald von der Unhaltbarkeit dieser Auffassung.

[3]) Über Details vergl. später die systematische Zusammenstellung.

[4]) Christ (Pflanzenleben d. Schweiz [1879] 435) vertritt die originelle Auffassung, dass *Avena fatua* und *strigosa* den Saathafer „täuschend nachahmen"; der Verfasser denkt dabei offenbar an eine rein äusserliche, vielleicht durch unbewusste Selektion durch den Menschen herangezüchtete Ähnlichkeit, unter deren Schutz es den beiden genannten Wildhafer-Arten möglich war, sich in die Kulturen des Saathafers einzudrängen. Nach dem heutigen Stande unserer Kenntnisse ist jedoch die Ähnlichkeit zwischen den Wild- und den Saathafer-Arten der unmittelbare Ausdruck einer nahen, direkten Verwandtschaft.

nahme, dass der Mensch durch — unbewusste[1]) oder bewusste — Selektion Sorten mit zäher Ährchenspindel herangezüchtet hat. Ganz analoge Verhältnisse treffen wir ja auch bei fast allen anderen als Körnerfrüchte kultivierten Getreidearten: Weizen (*Triticum*), Roggen (*Secale*), Gerste (*Hordeum*), Kolbenhirse (*Setaria italica*), Reis (*Oryza sativa*), Sorgho (*Andropogon Sorghum*); stets zeichnen sich die Kulturrassen von den entsprechenden Wildformen durch zähe Blütenstandsachse und die damit zusammenhängenden korrelativen Veränderungen aus[2]). Bei der Ermittlung der Stammform einer Kulturpflanze müssen, wie Alph. De Candolle (Orig. pl. cult. [1883], deutsche Ausgabe [1884] 16) hervorhebt, derartige Anpassungsmerkmale jüngsten phylogenetischen Alters selbstredend vom morphologischen Vergleich ausgeschlossen werden. Sehen wir nach dieser Regel bei *Avena sativa* von dem Kultur-Merkmal der rudimentären Verbreitungsmittel (zähe Ährchenspindel, Verlust der rauhen Behaarung der Blüten und Reduktion der Grannen, die als Verbreitungsmittel der bespelzten Scheinfrüchte funktionieren) ab und suchen wir einen in seinen übrigen Merkmalen übereinstimmenden Wildhafer, so verfallen wir sogleich auf *A. fatua*, die sich tatsächlich von *A. sativa* nur durch die allgemeinen *Agrestes*-Merkmale unterscheidet[3]). Angesichts der geringen Konstanz dieser Merkmale (von der gleich noch die Rede sein wird) werden wir also *A. sativa* als Rasse oder Unterart[4]) der *A. fatua* unterordnen, wie ja schon längst bei den oben genannten anderen Getreide-Arten die entsprechenden Wild- und Kulturrassen jeweils zu einer Spezies zusammengefasst worden sind.

---

[1]) Die unbewusste Selektion durch den Menschen kann man sich etwa folgendermassen vorstellen: wenn in einem Wildhafer-Bestand einzelne Individuen mit zäher Ährchenspindel auftraten, so war bei diesen naturgemäss der Körnerverlust bei der Reife geringer; ihre Scheinfrüchte wurden dementsprechend vom Menschen bei der Ernte unabsichtlich in relativ grosser Zahl eingesammelt und zur Nachzucht verwendet, und diese jedes Jahr sich wiederholende unwillkürliche numerische Bevorzugung der *sativa*-Form konnte im Laufe der Generationen zur Heranzüchtung einer konstanten Rasse mit fixierten *sativa*-Merkmalen führen, während die für den Menschen ungeeignete *Agrestes*-Form ausgemerzt wurde.

[2]) Die letzte Stufe dieser Entwicklungsreihe, die in dem freien Ausfallen der Karyopsen (gleichzeitig mit dem Zähwerden der Blütenstandsachsen) besteht, wie dies z. B. bei den Weizenarten mit zäher Ährenspindel und bei den Nacktgersten verwirklicht ist, erreicht *Avena* erst mit dem *nuda*-Typus (vergl. später).

[3]) Man vergleiche z. B. die tabellarische Zusammen- und Gegenüberstellung der Merkmale von *A. fatua* und *A. sativa* bei Haussknecht l. c. 1885 p. 236/37 und bei A. Zade, „Der Flughafer (*Avena fatua*)“, Diss. 1909, p. 8—9. Haussknecht kommt zu dem Schluss, dass hauptsächlich nur die Bekleidung und die gliedartig eingelenkten „Samen“ (sic) *A. fatua* von *A. sativa* unterscheiden.

[4]) Nicht „Varietät“, wie Haussknecht (l. c. 1885 p. 238) will; denn der *A. sativa* kommt doch sicherlich ein höherer systematischer Wert zu als den übrigen von Haussknecht (ibid.) als koordinierte Varietäten aufgezählten Formen.

Dass zähe bezw. sich zergliedernde Ährchenachse gar kein so stark differierendes Merkmalspaar ist wie gewöhnlich angenommen wird, hat Haussknecht durch eine Reihe von schönen Beobachtungen gezeigt. Zähe Ährchenspindel kommt nämlich nicht nur bei *A. fatua* (var. *transiens* Hsskn. l. c. 1885 p. 238), sondern gelegentlich bei allen *Agrestes*-Arten vor. So konstatierte Haussknecht eine *A. sterilis* var. *solida* (l. c. 1894 p. 40), eine *A. barbata* var. *solida* (ibid. p. 41) und eine *A. Wiestii* [= barbata prol. Wiestii A. et G.] var. *solida* (l. c. 1899 p. 49), die sämtlich Übergänge zum *Sativa*-Typus darstellen und teilweise in Gegenden vorkommen, wo der von der betreffenden Art abgeleitete Saathafer nicht nachgewiesen ist, die also nicht hybriden Ursprungs sein können.

2. ***A. orientalis*** Schreber, der ungarische oder Fahnenhafer (franz.: Avoine de Hongrie ou d'Orient), ist nach allgemeiner Übereinstimmung von *A. sativa* nur durch den einseitswendigen, zusammengezogenen Blütenstand verschieden. Da auch andere Haferarten mit allseitig ausgebreitetem und einseitswendig zusammengezogenem Blütenstand variieren (*A. fatua* mit gewöhnlich ausgebreitetem Blütenstand kommt auch mit einseitswendiger Rispe vor: var. *γ subsecunda* Uechtritz in Fiek Fl. Schles. [1881] 510 = var. *g. contracta* Hausskn. l. c. [1885] 239; eine analoge Variabilität zeigt nach Ascherson u. Graebner (Fl. nordostd. Flachl. 1. [1898] 96) auch *A. fatua* var. *glabrata* Peterm.; von *A. sterilis* unterscheidet Pospichal Fl. d. Österr. Küstenl. I. [1897] 85 eine var. *α typica* mit vollständig- und eine var. *β patens* mit unvollkommen einseitswendiger Rispe; ebenso findet sich *A. strigosa*, deren Rispe in der Regel einseitswendig ist, auch in einer var. *β effusa* Uechtr. ex Fiek l. c. [1881][1]), ohne dass den betreffenden Formen eine höhere systematische Bedeutung zugesprochen würde), so werden wir wohl am besten *A. orientalis* als Varietät von *A. sativa* betrachten, wie dies bereits z. B. Trinius (Gram. Suppl. [1835?] 23 in Mém. Acad. Pétersb. sér. 6 [Sc. math. phys. et nat.] IV. 2. [1838] Bot. pag. 23), Neilreich (Fl. Nied. Österr. [1859] 58), Alefeld (Landw. Fl. [1866] 321), O. Kuntze (Taschenfl. Leipzig [1867] 44) und Haussknecht (l. c. 1885 p. 239) getan haben (*A. sativa* var. *β contracta* Neilr. l. c. = var. *orientalis* Alef. l. c., O. Kuntze l. c. = *A. fatua* h. *sativa secunda* Hausskn. l. c.). Während z. B. Alph. De Candolle (Orig. pl. cult., deutsche Ausgabe [1884] 475) der *A. orientalis* einen hohen systematischen Wert beilegt, gibt Haussknecht (l. c.) an, auf grösseren Feldern stets Übergänge zu *A. sativa* gefunden zu haben; sicher ist, dass vereinzelt auf Schutt

[1]) Schon Schreber selbst (Beschr. d. Gräser II. 125 [1810]) hebt hervor, dass die Rispe der *A. strigosa* bald zusammengezogen, bald pyramidenförmig ist.

verwilderte Exemplare hinsichtlich der Zugehörigkeit zur einen oder andern „Art" oft nicht zu deuten sind[1]). — Bastarde von der Formel *A. sativa* × *orientalis* wurden von Wiegmann (Bastarderz. S. 17, 18, 35, 36) nach Focke (Pflanzenmischlinge [1881] 409) durch gegenseitige Befruchtung der beiden „Arten" künstlich erzeugt; die Nachkommen schlugen nach einigen Generationen in die väterliche Stammform zurück. Kreuzungsversuche zwischen *A. sativa* (Rispenhafer) und *orientalis* (Fahnenhafer) sind ferner angestellt worden von Rimpau (Kreuzungsprodukte landwirtsch. Kulturpfl., in Landw. Jahrb. 1891), Wilson (The hybridisation of cereals, in Journ. of Agricult. Science II. 1. [1907] 68) und namentlich von Nilsson-Ehle (Kreuzungsuntersuchungen an Hafer und Weizen, in Lunds Univ. Årsskrift N. F. Afd. 2. Bd. 5. Nr. 2 [1909], 122 pp.; „Rispentypus beim Hafer" pp. 91—104). Der letztgenannte Autor fasst (l. c. p. 103) die Hauptresultate seiner Untersuchungen, die auch von Erwin Baur (Einführ. in die exp. Vererbungslehre [1911] 112—115 mit Abbild.) akzeptiert werden, folgendermassen zusammen: „Die . . . Untersuchungen über den Rispentypus haben gezeigt, dass es für allseitswendig abstehende Stellung der Rispenäste ebenso wie für gewisse Farbenmerkmale mehrere selbständig spaltende Einheiten gibt. Der einseitswendige Fahnentypus bezeichnet das Fehlen sämtlicher Einheiten für die Allseitswendigkeit. Der vom Fahnentypus am wenigsten abweichende Steifrispentypus mit schräg aufwärts stehenden Hauptästen ist im allgemeinen durch den Besitz einer Einheit für die Allseitswendigkeit gekennzeichnet. Wo mehrere Einheiten für die Allseitswendigkeit vorhanden sind, entstehen die stark ausgebreiteten lockeren Rispentypen mit horizontal abstehenden bis schlaff herunterhängenden Ästen [Schlaffrispenhafer]. Zwei Einheiten zusammen ergeben im allgemeinen einen stärker ausgebreiteten Rispentypus als jede für sich allein. Durch Kreuzung zweier Sorten, die je eine Einheit für die Allseitswendigkeit besitzen, können also als Neuheiten einerseits Fahnentypen entstehen, anderseits aber auch Rispentypen, die stärker ausgebreitet sind als die der beiden Eltern; es entstehen m. a. W. in beiden Richtungen Überschreitungen der Elterneigenschaften . . . (p. 104:) Die Einseitswendigkeit dominiert im allgemeinen über die Allseitswendigkeit bei den Bastarden Rispe × Fahne." Für die Systematik ergibt sich daraus, dass Rispen- und Fahnenhafer keine höhere Wertigkeit beanspruchen können als etwa die ver-

[1]) Schon O. Kuntze (Taschenfl. Leipzig [1867] 47) hebt hervor, dass die Var. *orientalis* sich nur an sehr üppigen Exemplaren gut unterscheiden lässt; auch Husnot (Gram. de France etc. 2e livr. [1897] 28) gibt an, in Feldern von *A. orientalis* alle Übergänge zu *A. sativa* gefunden zu haben.

schiedenen Farbenspielarten des Hafers, d. h. dass sie als Varietäten einer und derselben Art zu betrachten sind.

3. ***A. strigosa*** Schreb., der Sand- oder Rauchhafer (franz.: Avoine rude), wäre nach Durieu (in Act. Soc. Linn. Bordeaux XX. [1855] 32) und Nyman (Consp. fl. Europ. IV. [1882] 810) vielleicht mit Cerealien aus dem Orient eingeführt. Alph. De Candolle (Orig. pl. Cult. [1883], deutsche Ausg. [1884] 475) erklärt sie (in Anlehnung an Bentham Handb. Brit. Fl. ed. 4 [1878] 544) für eine Kulturform von *A. sativa*, und auch Körnicke (in Körn. u. Werner Handb. d. Getreidebaus I. [1885] 208, 214) und Ascherson u. Graebner (Syn. d. mitteleurop. Fl. II. 1. 236 [1899]) halten an der nahen verwandtschaftlichen Beziehung von *A. strigosa* zu *A. sativa* fest, indem sie sie als Varietät bezw. als Unterart von *A. sativa* auffassen. Haussknecht dagegen hält (l. c. 1885 p. 240) *A. strigosa* für einen selbständigen, in Europa einheimischen Typus. Keine dieser drei Hypothesen scheint das Richtige zu treffen. Vergleichen wir *A. strigosa* morphologisch mit den übrigen *Sativae* und den *Agrestes*, so fällt uns auf, dass die ausser der Rückengranne in zwei Grannenspitzen auslaufenden Deckspelzen der Blüten *A. strigosa* einerseits von *A. sativa* (incl. *orientalis*), sowie von *A. nuda* trennen, während sie sie anderseits der *A. barbata* unter den *Agrestes* nähern. Die Untersuchung der Blütenmerkmale von *A. barbata* und *A. strigosa* lehrt uns, dass diese beiden Arten sich genau in analoger Weise unterscheiden wie *A. fatua* und *A. sativa*, d. h., durch die allgemeinen Unterscheidungsmerkmale zwischen den *Agrestes* und den *Sativae*[1]). In Erwägung dieser Umstände möchte ich — und dabei erfreue ich mich der Zustimmung von Prof. Trabut[2]) in Alger — *A. barbata* als die Wildform betrachten, aus der *A. strigosa* durch bewusste oder unbeabsichtigte Auslese in der Kultur[3]) entstanden ist. Auch die Verbreitung und die klimatischen Ansprüche der *A. strigosa* stehen mit dieser

[1]) Dass bei *A. strigosa* zum Unterschied von *A. barbata* das unterste Glied der Ährchenachse deutlich stielförmig verlängert ist, wodurch die unterste Blüte über den Hüllspelzen gestielt erscheint, bildet kein Hindernis für die obige Annahme, da die gleiche Erscheinung auch bei einer Varietät von *A. abyssinica*, die Haussknecht als Kulturform von *A. Wiestii* (einer Wüstenrasse der *A. barbata* mit gleichfalls ungestielter unterster Blüte) ableitet, eintritt.

[2]) Vergl.: Trabut, L. «Contribution à l'étude de l'origine des Avoines cultivées», Bull. agric. Algér. Tunis. 16e année (1910) n. 15, 361.

[3]) *A. strigosa* findet sich bekanntlich in Mittel-, West- und Nordeuropa auch hin und wieder als Unkraut, namentlich unter *A. sativa*. Auch unter diesen Lebensbedingungen kann sich der selektive Einfluss des Menschen, so gut wie in der Kultur selbst, geltend gemacht haben, da die Früchte des Rauchhafers wohl hie und da mit denen des Saathafers geerntet werden.

Hypothese in gutem Einklang; der Rauchhafer wird nämlich besonders im atlantischen West- und Südwesteuropa gebaut, wo auch die *A. barbata* (wenigstens nordwärts bis zur Bretagne)[1]) einheimisch ist. Merkwürdig, dass Haussknecht die nahen Beziehungen zwischen *A. barbata* und *A. strigosa* und ihre völlige Analogie mit denen zwischen *A. fatua* und *sativa* nicht aufgefallen sind; hat er doch selbst die Übergangsform *A. barbata* var. *solida* (l. c. 1894 p. 41) beschrieben (ohne jedoch ihre wahre Bedeutung zu erkennen), und war er es doch, der (wie wir gleich sehen werden) *A. abyssinica* Hochst. (einen der *A. strigosa* sehr nahestehenden Kulturhafer) von *A. Wiestii* Steudel (einer Wüstenrasse der *A. barbata*) ableitete.

4. ***A. brevis*** Roth, der Kurzhafer, steht der *A. strigosa* so nahe, dass man ihn, wie Ascherson u. Graebner (Syn. II. 1. 237 [1899]) richtig bemerken, auch als Rasse oder Varietät derselben auffassen kann; die Unterschiede beschränken sich darauf, dass die Blüten der *A. brevis* kürzer und stumpfer sind und die oberwärts verbreiterten Deckspelzen in 2 kürzere Grannenspitzchen auslaufen. Haussknecht erklärt (l. c. 1894 p. 44) *A. brevis* für die in der Kultur auf Sandboden entstandene var. *abbreviata* der *A. strigosa*; ähnliche *formae abbreviatae* kommen nach seinen Beobachtungen auch bei andern *Euavena*-Arten vor. Auf jeden Fall können wir unbedenklich *A. barbata* für die Stammpflanze halten, aus einer von deren Formen *A. brevis*, sei es direkt, sei es auf dem Umwege durch *A. strigosa*, hervorgegangen ist. [Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass Cosson (Bull. Soc. bot. France I. [1854] 13) die Vermutung ausspricht, als Stammpflanze der *A. brevis* (einblütige Form derselben) sei vielleicht die auf den Kanaren heimische *A. uniflora* Parlat. (Pl. nov. [1842] 84! et in Webb et Berth. Phytogr. Canar. [1836—50] sect. III. 401) anzusprechen, in welchem Falle dann die Heimat der *A. brevis* nach den Kanarischen Inseln zu verlegen wäre[2]). Da mir *A. uniflora* nur aus der Originalbeschreibung Parlatore's, worin (l. c. p. 85—86) die Unterschiede gegenüber *A. brevis* namhaft gemacht werden, bekannt ist[3]), so kann ich mir über die grössere oder kleinere Wahrscheinlichkeit der Cosson'schen Hypothese kein Urteil erlauben.]

5. ***Avena nuda*** L., der Nackthafer (franz.: Avoine à gruau), unterscheidet sich von allen andern Saat- und den Wildhafer-Arten

[1]) Über die Möglichkeit ihres Vorkommens in Grossbritannien vergl. später den systematischen Teil.

[2]) Die gleiche Vermutung wird auch von C. Müller in Walpers Ann. bot. VI. (1861) 999 ausgesprochen.

[3]) Nach Trabut (Bull. Agric. Algér. Tunis. 16e année [1910] 361) gehört *A. uniflora* Parl. zur spezifischen Gruppe der *A. barbata.*

dadurch, dass die Deckspelzen (wie bei allen Arten die Hüllspelzen) von häutiger Konsistenz (nicht derblederig und bei der Reife verhärtend) sind und die Karyopse nur locker umschliessen; infolgedessen fallen beim Dreschen die Körner nackt (unbeschalt) aus. Mit diesem „*nuda*-Typus" erreicht der Hafer die den Nacktweizen und -gersten analoge Organisation. Wir haben es hier mit einer im Sinne der Bedürfnisse des Menschen hochspezialisierten Form[1]) zu tun, deren Abstammung gerade deswegen ganz unsicher ist; denn die Unterschiede von der wilden Stammform müssen beträchtlich sein. Z. B. können die Deckspelzen, deren Spitzen sonst ein gutes, auch für die Ermittlung der Phylogenie verwertbares, diagnostisches Merkmal abgeben, wegen der (leicht monströsen) Veränderungen (Vergrünung?) hier nicht mehr zum Vergleich herangezogen werden, und auch die Desartikulationsfläche des Callus am Grunde der Blüten, der sonst (wie wir gleich noch sehen werden) ein grosser phylogenetisch-systematischer Wert zukommt, versagt hier völlig diesen Dienst, da von einer Artikulation überhaupt kaum mehr eine Spur zu erkennen ist. Im besten Fall könnten allfällige Rückschlagsformen über die Abstammung des Nackthafers sichere Aufklärung bringen. — Nach Haussknecht (l. c. 1894 p. 43) wäre *A. nuda* eine durch Kultur erzeugte Varietät der *A. strigosa*; der Autor gibt an, unter der in Gärten kultivierten typischen *A. strigosa* häufig Übergänge getroffen zu haben. Selbst wenn diese Beobachtungen einwandfrei richtig sind, so kann ihnen doch unmöglich eine allgemeine Gültigkeit zukommen; denn weder die morphologisch-systematischen noch die kulturhistorischen Verhältnisse sprechen für die Haussknecht'sche Hypothese. Einerseits nämlich steht *A. nuda* der *A. strigosa* morphologisch durchaus nicht näher als z. B. der *A. sativa* — auch Körnicke (in Körn. u. Werner Handb. d. Getreidebaus I. [1885] 208) und Ascherson u. Graebner (Syn. II. 1. 237 [1899]) fassen *A. nuda* als Varietätengruppe bezw. Subspezies der *A. sativa* auf[2]) — und anderseits macht der Umstand, dass *A. nuda* nach Bretschneider (Alph. De Candolle Orig. pl. cult., deutsche Ausg. [1884] 472) in China schon in einem historischen Werke über die Jahre 626 bis 907 n. Chr. erwähnt wird, während in Europa nach Ascherson u. Graebner (l. c.) die älteste, von Dodonaeus stammende Nachricht von 1566 datiert, die Annahme

[1]) *A. nuda* hat nicht nur, wie die übrigen Saathafer-Arten, die Verbreitungsvorrichtungen, sondern auch die Schutzmittel der Frucht verloren und ist daher eine für den Kampf ums Dasein völlig untaugliche Form, die nur unter dem Schutz und der Pflege des Menschen sich erhalten kann.

[2]) Schon Link (Enum. h. Berol. I. [1821] 81) und Kunth (Enum. pl. I. [1833] 302) nehmen die Abstammung der *A. nuda* von *A. sativa* an («certe a praecedente [i. e. *A. sativa*] orta»).

der Abstammung von der westeuropäischen *A. strigosa* höchst unwahrscheinlich. Wir werden viel eher als wilde Stammform die auch in Nord- und Ost-Asien verbreitete *A. fatua* anzusprechen haben, und zwar dürfte es sich empfehlen, *A. nuda* wegen der in der Kultur erworbenen, stark abweichenden Merkmale — wenigstens provisorisch, bis vielleicht einmal ein glücklicher Zufall sichere Aufklärung schafft — als besondere, mit *A. sativa* zu koordinierende Subspezies zu *A. fatua* zu stellen. Dabei dürfen wir allerdings nicht vergessen, dass *A. nuda* möglicherweise ein Gemenge von Konvergenzformen heterogenen Ursprungs darstellen kann; nach Haussknecht (l. c. 1894 p. 43) werden nämlich in den Gärten sehr verschiedene Formen als *A. nuda* kultiviert, und das *nuda*-Merkmal der frei werdenden Karyopsen kommt nach seinen Beobachtungen gelegentlich auch bei *A. sterilis*[1]) und *A. sativa* vor und wurde selbst einmal bei einer kultivierten *A. fatua* konstatiert.

Damit sind wir mit der Besprechung der bekannteren Saathafer-Arten zu Ende gekommen. Es bleiben uns nunmehr noch zwei „*sativa*"-Formen des Mittelmeergebietes bezw. des tropischen Afrikas, deren Abstammung hier anschliessend diskutiert werden soll.

6. ***A. byzantina*** C. Koch! in Linnaea XXI. (1848) 392 (*A. algeriensis* Trabut! in litt. et in Bull. agric. Algér. Tunis. 16e année [1910] No. 15 [1er août] 354—8; ? *A. sterilis* forma *parallela* Hausskn. l. c. 1885 p. 240; *A. sativa* var. *biaristata* Hackel! ex Trabut in Comptes-Rendus Acad. sc. Paris CXLIX. No. 3 [juillet 1909] 228 [sphalm. «Haeckel»] et in Bull. Soc. bot. France LVI. 1909 Sess. extraord. [1910] XLIX). — Franz.: Avoine algérienne. — Prof. Trabut in Alger hatte, wie er in seinen 1909 und 1910 erschienenen Mitteilungen[2]) darlegt, die Wahrnehmung gemacht, dass die im Mittelmeergebiet (z. B. in Spanien, Korsika!!, Unteritalien, Kleinasien!, Cypern, Algerien!, Tunesien) kultivierte *A. «sativa»* sich von dem mitteleuropäischen Saathafer durch eine Reihe von Merkmalen unterscheidet, so namentlich durch mehr verlängerte Blüten mit stärker lederigen Deckspelzen und schief gestellter (unvollkommen funktionierender) Abgliederungs-

[1]) *A. sterilis* lusus *denudata* Hausskn. l. c. 1894 p. 40 („var."); A. u. G. Syn. II. 1. 240 (1899) (lusus): Blüten festsitzend, Deckspelze verkahlt, an der Spitze vergrünend, die Frucht nur lose umgebend, Granne reduziert; so einmal im botanischen Garten von Hamburg beobachtet.

[2]) Trabut, L. «Contribution à l'étude de l'origine des Avoines cultivées». Comptes-Rendus Acad. Sc. Paris CXLIX No. 3 (juillet 1909) 227 – 9; vergl. auch Bull Soc. bot. France LVI. 1909 Sess. extraord. (1910) XLIX. — Id. «Contribution à l'étude de l'origine des Avoines cultivées». Bull. agric. Algér. Tunis. 16e année (1910) No. 15 (1er août) 353—63 mit 4 Textfig.

fläche am Grunde, auch sind die an den beiden untern Blüten gleichmässig ausgebildeten Grannen für den algerischen Hafer charakteristisch (daher der Name *A. sativa* var. *biaristata* Hackel). Diese morphologischen Verhältnisse, vereint mit den ökologischen Ansprüchen der Pflanze, führten Trabut zu dem Schluss, dass diese mediterrane «*A. sativa*» nicht von der Steppenpflanze *A. fatua*, sondern von der im eigentlichen Mediterrangebiet verbreiteten und hier die *A. fatua* vertretenden *A. sterilis* abstammt. In Nordafrika fand Trabut auch Wildformen, die den Übergang von *A. sterilis* zum *sativa*-Typus vermitteln. Den Deduktionen Trabut's kann ich mich in allen Punkten anschliessen mit Ausnahme der von diesem Autor gewählten Nomenklatur, da, wie ich mich durch Vergleich der Originale[1]) überzeugen konnte, *A. algeriensis* Trabut (1910) mit *A. byzantina* C. Koch (1848) zusammenfällt. Schon vor 1885 hatte Haussknecht in Luristan (Persien), wo nirgends Hafer kultiviert wird, auf Leinfeldern eine zufällig entstandene Form der *A. sterilis* mit kahlen, festsitzenden Scheinfrüchten beobachtet (= *A. sterilis* f. *parallela* Hausskn. l. c. 1885 p. 240), die also im Wesentlichen mit unserer Kulturrasse *A. byzantina* (*algeriensis*) übereinstimmt. Später (l. c. 1894) beschrieb der gleiche Autor auch zwei Übergangsformen von *A. sterilis* zum *sativa*-Typus: 1. *A. sterilis* var. *pseudo-vilis* (p. 39) mit kahlen, nur am Grunde von einem Haarkranz umgebenen, sich etwas weniger leicht ablösenden Blüten (Parallelform zu *A. fatua* var. *glabrata* Peterm. = *A. vilis* Wallr.); 2. *A. sterilis* var. *solida* (p. 40) mit fuchsrot behaarten, aber nicht abgegliederten Blüten. — Haussknecht schliesst daran folgende Überlegungen: „Alle diese Übergangsformen zur var. *parallela* zeigen, dass *A. sterilis* dieselben Formen aufweist wie *A. fatua*, und dass auch erstere zur Gewinnung von Saathafer zu verwenden ist“ (1894 p. 40). „Für die südeuropäischen Länder würde die durch Kultur verbesserte *A. sterilis* wegen ihrer grösseren Früchte eine sehr zu empfehlende Futterpflanze abgeben, zumal unsere *A. sativa* dort nicht gut gedeihen will“ (p. 39). Schon 1885 (p. 240) hatte sich Haussknecht im gleichen Sinne ziemlich positiv ausgesprochen: „Es ist nicht unwahrscheinlich, dass die in den südlichen und östlichen Ländern kultivierten Habersorten zum Teil von den genannten Haberarten [*A. sterilis* und *barbata*] abstammen mögen, was freilich noch näherer Untersuchung bedarf.“ Offenbar hat Haussknecht den mediterranen Saathafer nie zu Gesicht bekommen, denn sonst hätte er sicherlich erkennen müssen, dass die von ihm geäusserte Vermutung schon längst zur Wahrheit geworden

[1]) Durch die freundliche Vermittlung der Herren Geh. Rat. Engler und Prof. Pilger erhielt ich das Original der *A. byzantina* C. Koch im Juni 1911 zur Einsicht.

war; erst in allerjüngster Zeit hat Trabut, und zwar unabhängig von Haussknecht, die Abstammung und die wahre Natur des mediterranen Hafers erkannt. Allerdings ist das Kultur-Merkmal der zähen Ährchenspindel bei *A. byzantina* noch nicht ganz typisch ausgebildet, da bei der Reife zuletzt die Desartikulation der untern Blüte erfolgt; doch geschieht die Ablösung der Blüten nicht so leicht wie bei den eigentlichen Wildformen (entsprechend ist auch die Abgliederungsnarbe des Callus weniger scharf ausgeprägt), und in der Praxis können bei rechtzeitiger Ernte auch die Früchte eingeheimst werden (Trabut l. c. 1909 p. 228). Es steht zu erwarten, dass durch rationelle Züchtungsmethoden eine konstante Rasse mit typischem *Sativa*-Charakter erzielt werden wird.

Bemerkenswert ist, wie bereits angedeutet, das biologisch-ökologische Verhalten der *A. byzantina* im Gegensatz zu demjenigen der echten *A. sativa* (vergl. Trabut l. c. 1909 p. 228/29). Professor Trabut experimentierte seit 1895 im algerischen Littoralgebiet (in der botanischen Station) mit zahlreichen Saathafer-Rassen; nur die von *A. sterilis* abstammenden Formen ertrugen das Klima und widerstanden auch dem Rost; ebenso zeigten sie sich gegenüber dem Salzgehalt des Bodens weniger empfindlich. In ähnlicher Weise erwies sich der algerische Hafer auch am Kap, in Australien und in den Vereinigten Staaten als die an die klimatischen Bedingungen am besten angepasste Saathafer-Art.

7. Endlich bleibt uns noch eine *sativa*-Form Abessiniens und Jemens zu besprechen, die in den genannten Gegenden nicht als Körnerfrucht, sondern als Futterpflanze kultiviert wird (Trabut br. 1911) und auch als Unkraut in Getreide- und Luzerne-Feldern vorkommt[1]): ***A. abyssinica*** Hochst. ex A. Rich. Tent. fl. Abyss. II. (1853) 415. A. Richard selbst (l. c. p. 416 Obs.) äussert die Meinung, dass es sich lediglich um eine, nur durch die zwei gleichmässig begrannten Blüten verschiedene Varietät der *A. sativa* handle. Körnicke (in Körn. u. Werner Handb. d. Getreidebaus I. [1885] 208) löst den Typus der *A. abessinica* in 4 nur nach der Farbe der Deckspelzen unterschiedene Formen auf, die er als unter sich und z. B. mit *A. strigosa* und *A. brevis* koordinierte Varietäten zu *A. sativa* stellt. Auch Engler (Hochgebirgsfl. trop. Afr. [1892] 129) und Schweinfurth (in Bull. Herb. Boiss. II. [1894] App. II. 31) halten an der nahen Verwandtschaft unserer Pflanze mit *A. sativa* fest,

[1]) Dass unter Umständen auch Unkräuter unter dem Einfluss der unbewussten Pflege und Selektion durch den Menschen Eigenschaften von Kulturpflanzen erwerben können, haben wir bereits oben (Seite 301, Fussnote 3) hervorgehoben.

indem sie sie als Var. *abyssinica* zu derselben ziehen. Dagegen erkannte Haussknecht richtig ihren abweichenden Ursprung. Anfänglich (l. c. 1894 p. 44) hielt er *A. abyssinica* für eine Varietät von *A. strigosa* (Zwischenform *strigosa—brevis*); später (l. c. 1899 p. 49—51) widerruft er diese Ansicht und erklärt jetzt *A. abyssinica* für die Kulturform (var. *solida glabra*) der *A. Wiestii* Steudel, einer nordafrikanisch-südwestasiatischen Wüstenrasse der *A. barbata*. Dieser letzteren Auffassung kann ich mich durchaus anschliessen, ohne darum die erstere ganz zu verwerfen, da ja nach meiner Ansicht *A. strigosa* (inkl. *A. brevis*), so gut wie *A. Wiestii* und *A. abyssinica*, eine Form der Gesamtart *A. strigosa* (inkl. *A. barbata*) darstellt. *A. Wiestii* und *abyssinica* besitzen (im Gegensatz zu *A. barbata* und *A. strigosa*) verkürzte Blüten[1]), bei denen die beiden terminalen Grannenspitzen der Deckspelze am Grunde auf der äussern Seite je von einem kleinen, aber deutlichen Zähnchen begleitet sind[2]) (bei *A. strigosa* und *barbata* läuft der auf die Grannenspitze auswärts folgende Längsnerv der Deckspelze höchstens in ein sehr dünnes, kaum wahrnehmbares Stachelspitzchen aus); der Unterschied von *A. abyssinica* gegenüber *A. Wiestii* beruht also im wesentlichen nur auf dem Kulturmerkmal der fast kahlen Blüten mit kleiner, fast horizontal gestellter, schwach funktionierender Abgliederungsfläche am Grunde, wozu dann bei *A. abyssinica* (ähnlich wie bei *A. brevis*) noch eine Verkürzung der terminalen Grannenspitzen kommt. Haussknecht fand seine die Abstammung der *A. abyssinica* betreffende Theorie bestätigt durch die Existenz von Übergangsformen der *A. Wiestii* zum *sativa*-Typus: var. *glabra* Hsskn. (l. c. 1899 p. 49) mit kahlen, artikulierten Blüten und var. *solida* Hsskn. (ibid.) mit behaarten, aber festsitzenden Scheinfrüchten; als Endglied dieser Entwicklungsreihe wäre dann die nach Haussknecht als ein Produkt des fetten, feuchten Kulturbodens aufzufassende var. *solida glabra* (p. 51) = *A. abyssinica* Hochst. zu betrachten. Als eine weitere Übergangsform zwischen *A. Wiestii* und *A. abyssinica* kann noch namhaft gemacht werden: *A. Wiestii* var. *pseudo-abyssinica* Thell. var. nov. mit sehr verkürzten, nur 1—2 mm langen Grannenspitzen der Deckspelzen; diese Form steht der *A. abyssinica* habituell sehr nahe und wurde auch tatsächlich von Schimper[3]) unter diesem

[1]) Mit Rücksicht auf dieses Merkmal verhält sich nach Haussknecht (l. c. 1899 p. 48) ***A. Wiestii*** zu ***A. barbata*** wie *A. Ludoviciana* Dur. zu ***A. sterilis*** oder ***A. brevis*** zu ***A. strigosa***.

[2]) Dadurch werden, wie Körnicke (in Körn. u. Werner Handb. d. Getreidebaus I. [1885] 208) richtig hervorhebt, bei *A. abyssinica* die Deckspelzen an der Spitze 4zähnig.

[3]) Urahut (Abyssinia) leg. Schimper 25. X. 1863 (Herb. Univ. Zürich).

Namen angegeben; sie ist aber ein echter Wildhafer mit stark rauhhaarigen, sich schon im unreifen Zustand leicht abgliedernden Blüten (die Zugehörigkeit zu *A. Wiestii* ergibt sich aus der 4zähnigen Deckspelze). — Während *A. abyssinica* der älteren Schimperschen Exsikkaten[1]) auf den Deckspelzen vereinzelte lange Haare und ausserdem eine sitzende untere Blüte aufweist, zeichnet sich die var. *glaberrima* Chiovenda![2]) nicht nur, wie der Name andeutet, durch völlig kahle Deckspelzen (nur die Ährchenachse ist unter jeder Blüte kurz behaart), sondern auch durch eine deutlich gestielte untere Blüte aus, in völliger Analogie mit der ebenfalls durch die gestielte untere Blüte charakterisierten *A. strigosa*[3]), die wir gleichwohl von *A. barbata* (mit sitzender unterer Blüte) ableiten. Mit dieser Form hat die *A. abyssinica* den *sativa*-Typus voll und ganz erreicht, und wir besitzen in ihr einen Saathafer, von dem zu erwarten ist, dass er, wie schon Trabut (l. c. 1910 p. 362) andeutet, als Abkömmling der Wüstenpflanze *A. Wiestii* in Ländern mit wüstenartigem Klima, wo *A. sativa* wegen der Ungunst der klimatischen Verhältnisse nicht mehr zu gedeihen vermag, dieselbe wichtige Rolle spielen wird wie *A. byzantina* im Mediterrangebiet.

Die Stellung der *A. abyssinica* im System der Sektion *Euavena* wird davon abhängig sein, ob wir *A. Wiestii,* ihre Stammpflanze, als eigene Art oder als Form von *A. barbata* auffassen. Betrachten wir die deutlichen Seitenzähnchen der Spitzen der Deckspelzen als spezifisch trennendes Organisationsmerkmal, so müssen wir *A. abyssinica* und *A. Wiestii* als Unterarten zu einer Spezies zusammenfassen, die aus Prioritätsgründen den Namen *A. abyssinica* Hochst. sens. ampl. zu führen hat. Nach Haussknecht (l. c. 1899 p. 49) soll jedoch *A. Wiestii* auf besserem Boden in *A. barbata* übergehen. Wenn diese Beobachtung sicher zutreffend ist[4]), so werden wir *A. Wiestii*

---

[1]) Z. B.: Schimper Iter Abyss. sect. II. n. 950 (als *A. sterilis* L.), inter segetes Adoae (Un. itin. 1842).

[2]) *A. abyssinica* f. *glaberrima* Chiovenda! in Anno VIII dell' Ann. R. Ist. Bot. di Roma (1908) 343. Ich sah die Exsikkaten von Medri od Tesfà (Col. Eritrea), Adi Ghebsus, 1905/06, leg. A. Poppi n. 6541, 7251 (Herb. gen. Univ. Zürich).

[3]) Von dieser Art unterscheidet sie sich noch immer durch die verkürzten, von einem Sekundärzähnchen begleiteten Grannenspitzen der Deckspelzen.

[4]) Haussknecht erwähnt für *A. Wiestii* das charakteristische Merkmal der 4zähnigen Deckspelze nicht; es ist also die Möglichkeit vorhanden, dass der genannte Autor üppigere Formen der *A. Wiestii,* die sich vielleicht nur habituell der *A. barbata* nähern, für Übergänge zu dieser Art gehalten hat. Wegen der allgemeinen Vernachlässigung des erwähnten Merkmals sind auch die Angaben über die Verbreitung der *A. Wiestii* unzuverlässig; es ist wohl möglich, dass man vielfach Kümmerformen der *A. barbata* dafür genommen hat.

als Rasse (oder nur Varietät) zu *A. barbata*, *A. abyssinica* dagegen als Rasse oder Varietät zu *A. strigosa* stellen, in der Annahme, dass die gleichen klimatischen Einflüsse, die im nordafrikanischen Wüstengebiet die *A. barbata* in *A. Wiestii* umprägen, auch den Typus der *A. strigosa* in analoger Weise zu verändern vermochten (man kann sich z. B. vorstellen, dass das deutliche Seitenzähnchen der Spitzen der Deckspelzen bei *A. Wiestii* und *abyssinica* direkt mit der Verkürzung und der relativen Verbreiterung der Deckspelze zusammenhängt, indem dabei die Längsnerven der letzteren auseinanderrücken und an der Spitze in grösserem Abstand austreten). Allerdings müsste noch der experimentelle Nachweis erbracht werden, dass *A. abyssinica* durch die Kultur auf besserem Boden in *A. strigosa* überginge, wie dies die *A. abyssinica* var. *glaberrima* anzudeuten scheint. Solange jedoch diese Fragen nicht an Hand von ausgedehnten Beobachtungen und Experimenten einwandsfrei entschieden sind, werden wir wohl am besten tun, *A. barbata, strigosa, Wiestii* und *abyssinica* als koordinierte Subspezies oder Rassen der *A. strigosa* sens. ampl. zu behandeln, wobei wir die Frage, ob *A. abyssinica* der *A. Wiestii* oder der *A. strigosa* näher steht, offen lassen müssen[1]).

Die folgende Tabelle soll uns eine kurze, übersichtliche Zusammenstellung der im Vorhergehenden besprochenen Wild- und Saathafer-Arten und ihres phylogenetischen Zusammenhanges geben.

---

[1]) Mit ähnlichen Schwierigkeiten hat die Systematik in dem analogen Falle des *Hordeum spontaneum* C. Koch var. *ischnatherum* (Cosson in Bull. Soc. bot. France XI. [1864] 163 sub *H. ithaburgensi*) Thell. zu kämpfen, das, von Cosson auf eine Adventivpflanze des Port-Juvénal bei Montpellier begründet und später von Bornmüller in Assyrien und Kurdistan autochthon aufgefunden, von Körnicke (nach Schweinfurth in Ber. d. deutsch. bot. Ges. XXVI[a]. [1908] 312) für die Ursprungspflanze von *H. vulgare* L. und *H. hexastichum* L. erklärt wird, während der Typus des *H. spontaneum* die Wildform des *H. distichum* L. darstellt. Körnicke fasst (l. c.) *H. ischnatherum* allerdings als eigene Art auf; doch sind die Unterschiede gegenüber *H. spontaneum* sicherlich zu geringfügig, um eine spezifische Trennung zu ermöglichen. Man kommt also auch hier, wie bei *Avena abyssinica*, die man am liebsten als „Subspezies" der „Rasse" *Wiestii* von *A. barbata* behandeln würde, in Versuchung, *Hordeum vulgare* und *hexastichum* unter Umkehr der normalen hierarchischen Rangfolge als „Subspezies" zu *H. spontaneum* „var." *ischnatherum* zu stellen, ein Vorgehen, das selbstverständlich — auch nach Art. 13 der Wiener Regeln — unzulässig ist.

Kulturformen (*Sativae* Coss. l. c.[1]); *A. sativa* [L. sens. ampl.] Körnicke[2]) in Körn. und Werner Handb. d. Getreidebaus I. [1885] 192, 200–206; Fiori & Paoletti Fl. anal. Ital. I. 1. [1896] 72; A. et G. Syn. II. 1. 233 [1899])	***A. byzantina*** C. Koch	***A. nuda*** L. | ? ***A. sativa*** L. (inkl. *A. orientalis* Schr.)	***A. strigosa*** Schreber (inkl. *A. brevis* Roth)	***A. abyssinica*** Hochst.
Wildformen (*Agrestes* Cosson l. c.[1]); *Fragiles* Husnot Gram. II. [1897] 39; *A. fatua* [L. sens. ampl.] Fiori & Paoletti Fl. anal. Ital. I. 1. [1896] 72)	1. ***A. sterilis*** L.	2. ***A. fatua*** L.	3. ***A. barbata*** Pott ex Link	3a. ***A. Wiestii*** Steudel
	§ 1. ***Biformes*** Coss. l. c.[1]) (em.)	§ 2. ***Conformes*** Cosson l. c.[1]) (em.)		
	Gesamtart ***Avena sativa*** [L. sens. ampliss.] Ascherson et Graebner Syn. d. mitteleur. Fl. II. 1. 233 (1899).			

Die vorstehenden Erörterungen dürften zur Genüge dargetan haben, dass die Subsektion «*Sativae*» (Cosson) der Sektion *Euavena* oder die Sammelart *A. sativa* von Körnicke[2]), Fiori & Paoletti, Ascherson u. Graebner keine systematische Einheit, sondern vielmehr ein Gemenge aus heterogenen Formen darstellt, die nur durch **Konvergenz** gemeinsame äusserliche Anpassungsmerkmale von geringem phylogenetischem Alter in der Kultur angenommen haben. Schon Haussknecht (l. c. 1885 p. 237, 1894 p. 44) und Trabut (l. c. 1909 p. 228, 1910 p. 356) haben die Unhaltbarkeit der Cossonschen Gruppen *Sativae* und *Agrestes* mit allem Nachdruck betont unter Hinweis auf die bestehenden Übergangsformen und die Abstammung der einzelnen Saathafer-Arten von verschiedenen Wildhafer-Formen. Aufgabe einer natürlichen, auf die mutmassliche Phylogenie als oberstes Gruppierungsprinzip begründeten Systematik ist es nun, die Gruppe *Sativae* bezw. die Sammelart *A. sativa* aufzulösen und die einzelnen Kulturhafer-Arten zu den Wildformen, von denen wir sie ableiten, in direkte syste-

[1]) Siehe oben Seite 293—5.

[2]) *A.* «*sativa*» enthält bei Körnicke (l. c. 206—208, 208—220) 29 koordinierte Varietäten von sehr ungleichem systematischem Wert, die zusammen *A. sativa, orientalis, brevis, strigosa, abyssinica* und *nuda* umfassen.

matische Beziehung zu bringen, wie dies bereits Haussknecht (l. c. 1894 p. 44—45) und Trabut (l. c. 1910 p. 362) angebahnt haben. Unter Berücksichtigung der oben eingehend diskutierten verwandtschaftlichen Verhältnisse der einzelnen Saathafer-Arten komme ich zu folgendem

Versuch[1]) einer natürlichen Systematik der besprochenen Formen[2]) der Sektion *Euavena*.

Avena L. Spec. pl. (1753) 79, Gen. pl. ed. 5 (1754) 34 ex p.; em. Pal. Agrost. (1812) 89; Trin. Gram. Suppl. (1835?) in Mém. Acad. Pétersb. 6e sér. IV. 2. (1838) 22.

Sect. ***Euavena*** Griseb. Spicil. fl. Rumel. II. (1844) 452; Gren. et Godron Fl. France III. 2. (1856) 510 (*Avena* subgen. 1. *Genuinae* et 2. *Verae* ex maxima p.[3]) Link Handb. I. [1829] 43, 44; *Avena* [sect.] c. *Avenae genuinae* Rchb. Fl. Germ. excurs. sect. I. [1830] 52; [sect. I.] Koch Syn. fl. Germ. Helv. II. [1837] 794, ed. 2. II. [1844] 916; Durieu in Act. Soc. Linn. Bordeaux XX. [1855] 48; *Avena* a) *Annuae* Trin. Gram. Suppl. [1835?] in Mém. Acad. Pétersb. 6e sér. (sc. math. phys. et nat.) IV. 2. [1838] Bot. 23; [sect. I.] Husnot Gram. II. [1897] 38; *Avena* sect. I. *Avenatypus* Cosson et Germain Fl. Paris (1845) 636; Cosson [et Durieu] in Bull. Soc. bot. France I. [1854] 12; sect. I. *Crithe* Griseb. in Ledeb. Fl. Ross. IV. [1853] 412; sect. *Agravena* Kirschleger Fl. Als. II. [1857] 309;

---

[1]) Ich spreche nicht ohne Grund von einem „Versuch" einer natürlichen Systematik, da ich mir wohl bewusst bin, dass Vieles in der folgenden systematischen Einteilung nur provisorischen Wert haben kann; zu einer definitiven Lösung all der schwierigen Probleme, die die Systematik der Sektion *Euavena* bietet, wären langjährige Kulturversuche und umfassende Herbar- und Literaturstudien erforderlich. Auch die Nomenklatur der Varietäten der Wildformen (z. B. von *A. fatua*) ist noch nicht völlig gesichert; es ist wohl möglich, dass in der lokalfloristischen Literatur Europas noch Namen existieren, die in den grösseren floristischen und systematischen Werken übergangen werden, die aber gleichwohl unter Umständen Berücksichtigung erfordern könnten.

[2]) Von den Varietäten und Rassen der Wildhafer-Arten sollen nur diejenigen aufgeführt werden, die als Übergänge zu den Saathafer-Formen oder als Stammpflanzen derselben in Frage kommen. Vom gleichen Gesichtspunkt ausgehend, werden wir auch die grosse Mehrzahl der Abarten der Kulturhafer ausser Betracht lassen.

[3]) Nach freundlicher Mitteilung von Dr. E. Janchen-Wien, der das mir in Zürich nicht zugängliche Linksche Werk in zuvorkommender Weise für mich nachschlug, werden die Subgenera *Guinae* und *Verae* durch die Begrannung und die Behaarung der Blütchenstiele unterschieden; zu den *Genuinae* (p. 43) werden gestellt: *A. sativa, A. chinensis,* [p. 44:] *A. orientalis, A. nuda;* zu subgen. 2. *Verae* (p. 44): *A. strigosa, A. brevis,* [p. 45:] *A. fatua, A. sterilis, A. hirsuta* [= *barbata*] und *A. planiculmis* Schrad. (letztere bekanntlich nicht zu *Euavena* gehörig).

Gesamt *A. sativa* [L. sens. ampliss.] Ascherson et Graebner[1]) Syn. d. mitteleur. Fl. II. 1. 233 [1899]).

Subsect. 1. ***Biformes***[2]) Cosson [et Durieu] in Bull. Soc. bot. France I. (1854) 14 (sub sect. *Avenatypus* subsect. *Agrestes*). Die untere Blüte an Wildformen sich leicht von dem unter ihr befindlichen Stück der Ährchenachse ablösend, auch bei den Kulturformen mit deutlicher, schiefgestellter (wenngleich unvollkommen funktionierender) Abgliederungsfläche; obere Blüten stets festsitzend und nur durch gewaltsamen Bruch der Ährchenachse im untern Teil des Internodiums sich trennend; bei den Wildformen fallen daher alle Blüten an einem Stück aus den Hüllspelzen heraus, bei den Kulturformen geschieht dasselbe beim Dreschen.

1. ***A. sterilis*** L. Spec. pl. ed. 2. I. (1762) 118 sens ampl. — Merkmale der Subsektion *Biformes.* Artikulationsfläche der Wildformen in der Regel sehr steil gestellt, länglich[3]) (doch bei der auch

---

[1]) Die übrigen Arten der Sektion *Euavena* (z. B. *A. clauda* Durieu und *A. pilosa* M. Bieb.) stehen den hier behandelten sehr nahe, so dass sie wohl auch in die Gesamtart *A. sativa* A. et G. einzubeziehen sind. Nach Haussknecht (l. c. 1894 p. 42—43, 45) ist *A. pilosa* die forma *solida* der *A. clauda* (einer in Griechenland, Südwestasien und Nordafrika verbreiteten Art), von der sie sich lediglich dadurch unterscheidet, dass nicht alle Blüten sich abgliedern, sondern nur die unterste sich loslöst (l. c. p. 42) oder auch alle festsitzend sind (l. c. p. 43).

[2]) Ich behalte die Subsektionen *Biformes* und *Conformes* vorläufig bei, obgleich sie vielleicht keine phylogenetisch einheitlichen Gruppen darstellen, indem wohl vorstellbar ist, dass die sie unterscheidenden Merkmale Anpassungen von geringem phylogenetischem Alter darstellen; immerhin hat, wie schon Haussknecht hervorhebt, der Abgliederungsmodus der Scheinfrüchte bei den Wildformen (im Gegensatz zu den Kulturrassen) einen hohen systematischen Wert. Die drei hier zu behandelnden Arten würden daher (unter Auflösung der Subsektionen) vielleicht besser in folgender Reihe angeordnet: 1. *A. fatua,* 2. *A. sterilis,* 3. *A. strigosa; A. sterilis,* die wir dabei in die Mitte stellen, hat mit *A. fatua* die grannenlosen Zähne der Deckspelzen, mit *A. strigosa* dagegen die schmale, sehr steil gestellte Artikulationsstelle gemeinsam. — Anm. nach Abschluss des Manuskriptes: wenn die zwei Subsektionen beibehalten werden sollen, so werden wohl richtiger die *Conformes,* die ein ursprünglicheres karpobiologisches Verhalten aufweisen, vorangestellt; der Dimorphismus der Blüten (hinsichtlich der Abgliederung von der Achse) bei den *Biformes* ist sicherlich ein phylogenetisch jüngerer Zustand.

[3]) Dieser schmale, ziemlich spitze Callus am Grunde der untersten Blüte dürfte eine ähnliche biologische Bedeutung haben wie das schnabelförmig vortretende basale Ende der Infloreszenzachse an der fruchtreifen, am Grunde abgebrochenen Ähre von *Triticum* (*Aegilops*) *ovatum* (L.) Raspail (vergl. Solms-Laubach, Weizen u. Tulpe [1899] 4—5); es erleichtert wohl das Sich-Einbohren des ganzen, fest zusammenhängenden Blütenkomplexes in die Erde, in die die Scheinfrüchte zur Keimung gelangen müssen, und dürfte anderseits auch dem Eindringen der Scheinfruchtgruppe in das Haarkleid von Tieren und der in dieser Weise stattfindenden zoochoren Verbreitung dienlich sein. Bemerkenswert ist, dass es sich bei den beiden genannten Gattungen um eine analoge, nicht aber um eine völlig homologe Erscheinung handelt: bei *Avena* wird der spitze Callus von der Ährchen-, bei *Triticum* dagegen von der Ährenachse geliefert; bei der erstern Gattung handelt es sich um einen einzubohrenden Blüten-, im zweiten Fall um einen Ährchenkomplex. — Der Umstand,

habituell zu *A. fatua* überleitenden Rasse *Ludoviciana* [Durieu] Gillet et Magne oft breiter und weniger schief). Deckspelzen in der Regel (im Gegensatz zu *A. barbata* und ihren Abkömmlingen) an der Spitze mit 2 kurzen, nicht in einen Grannenfortsatz verlängerten Zähnen, doch auch (var. β **subulata** Trabut in Battand. et Trab. Fl. Algér. Monocot. [1895] 179) mit Grannenspitzen vorkommend (so bei Oran in Algerien; ob Bastard?). — Von dem uns hier interessierenden Standpunkt aus kommen folgende zwei Unterarten [1]) in Betracht:

---

dass bei *A. sterilis* (im Gegensatz zu den beiden anderen Wildhafer-Arten) die Blüten eines Ährchens auch bei der Reife fest verbunden bleiben, könnte vom karpobiologischen Standpunkt zunächst unzweckmässig erscheinen, da (gerade wie bei gewissen *Triticum* § *Aegilops*-Arten) 2 oder mehrere Früchte am gleichen Punkt zur Keimung gelangen und die jungen Keimpflanzen sich unter Umständen gegenseitig in der Entwicklung hindern: doch wird dieser Nachteil reichlich wett gemacht durch die erhöhte aktive Verbreitungstätigkeit der Scheinfrüchte vermittelst der Haare und Grannen der Deckspelzen: nicht nur wirken die 2 Grannen einer Blütengruppe bei der kriechenden Fortbewegung der Scheinfrüchte auf dem Erdboden stärker als die einzelnen Grannen der isoliert ausfallenden Blüten von *A. fatua* und *barbata*, sondern die beiden Grannen hemmen sich, da der obere (wagrecht umgebogene) Teil der kürzeren Granne bei seiner uhrzeigerartigen Bewegung an den unteren (gedrehten) Teil der längeren Granne anstösst, vorübergehend in ihrer Drehbewegung, um dann plötzlich elastisch von einander abzugleiten, wobei es zu einer hüpfenden Fortbewegung des Scheinfruchtkomplexes kommen kann. — Die hygroskopische Bewegung des Grannen von *A. fatua* beim Austrocknen und die dadurch hervorgerufene Bewegung von abgeschnittenen Stengeln und ganzen Schwaden waren schon den Naturforschern des 18. Jahrhunderts bekannt; vergl. die Schilderungen von Leupold Schauplatz der Gewichtkunst (1726) 292, Schreber Beschr. d. Gräser I. 5. (1768) 116—17 und Mattuschka Fl. Siles. (1776) 69. Die Grannen der *A. fatua* wurden von Leupold entsprechend zur Konstruktion eines Hygrometers verwendet; der Erfinder des Instrumentes ist (nach Vaillant Bot. Paris. [1729] 19) Emanuel Magnan. — Mattuschka (l. c. 68—69) erblickt in den Haaren und Grannen der Blüten von *A. fatua* ein anemochores Verbreitungsmittel: „Der reife Saame löset sich leicht von den anklebenden Bälglein und fällt bey der geringsten Bewegung heraus, wobey die zwey bis drey Körner so gewöhnlich in jedem Ährchen reif werden, mittelst der Spelzen gern an einander hängen bleiben. Wenn der Wind um diese Zeit stark wehet, so kann er den Saamen weit herum führen, wobei die Grannen und einige an den Spelzen befindlichen Haare statt der Flügel dienen". Daher auch der Name „Flughafer".

[1]) Von der im Verbreitungsgebiet der Art vorkommenden (gelegentlich auch in Zentraleuropa [Schweiz: Zürich!] und nach Stuckert in Anal. Mus. Nac. Buenos Aires XXI. [sér. 3 t. XIV.] (1911) 110 in Argentinien verschleppt auftretenden) subsp. ***Ludoviciana*** (Dur.) Gillet et Magne Nouv. Fl. franç. ed. 3. (1873) 532; A. et G. Syn. II. 1. 240 (1899) = *A. Ludoviciana* Durieu in Act. Soc. Linn. Bordeaux XX. („1855") 37—47 (déc. 1854 sec. Desmoulins ibid. t. XX. 2e partie p. 819 [1859 ?]), descr. p. 41 = *A. sterilis* var. *Ludoviciana* Husnot Gram. de France etc. livr. 2. (1897) 39; Hausskn. l. c. 1899 p. 43 = *A. sterilis* var. *minor* Cosson et Durieu! Expl. sc. Algér. II. fasc. 1. (1854—5) 109, cit. sec. W. Herter in litt. = ? *A. sterilis micrantha* Trabut in Bull. Agric. Algér. Tunis. 16e année (1910) 354 fig. d! [sine descr.] (Ährchen klein, an *A. fatua* erinnernd, meist nur zweiblütig; Hüllspelzen nur ± 25 mm lang; Karyopse am Grunde verdünnt, durch das vorspringende Würzelchen geschnäbelt, statt, wie bei *A. sterilis*, am Grund stumpf mit kurzem Höcker [Durieu l. c. 1854 p. 48])

Subsp. I. ***macrocarpa*** (Mönch) Briq. Prodr. fl. corse I. (1910) 105 (*A. sterilis* L. l. c. et auct. plur. sens. strict.; Hausskn. l. c.[1]) 1894 p. 38 seq., 44; *A. fatua β A. sterilis* Lam. Fl. franç. III. [1778] 610, Encycl. I. [1783] 331; *β sterilis* Fiori & Paoletti Fl. anal. Ital. I. 1. [1896] 72; *A. macrocarpa* Mönch Meth. [1794] 196; *A. fatua β major* Savi Fl. Pis. I. (1798) 130; *A. Novae Velliae* Dumont de Courset Bot. cult. II. [1802] 124 sec. Durieu in Act. Soc. Linn. Bordeaux XX. [1855] 54 [nomen neglectum!]; *A. fatua β grandiflora* Scheele in Flora XXVII. 1. [1844] 57; *A. nutans* Saint-Lager[2]) in Cariot Etude des Fleurs ed. 8. [1889] 921 teste Ed. Bonnet in litt.; *A. fatua* Gouan Hort. Monspel. [1762] 53 et Fl. Monspel. [1765] 125; Schreber Beschr. d. Gräser I. 5. [1768] 109 (excl. var. *β*) et t. XV! et auct. veter. reg. medit. nonnull.; Noë in Rchb. Fl. germ. exs. n. 529! [Fiume] — non L.). — Besteht aus Wildformen mit relativ grossen, 2–4 blütigen Ährchen. — Verbreitung der Unterart: Mittelmeergebiet von den kanarischen Inseln bis Persien; selten verschleppt in Mitteleuropa (z. B. Belgien, Oesterreich, Schweiz!), ferner in Süd-Afrika, Nord- und Süd-Amerika (z. B. Montevideo, Argentinien). — Über die Abarten der sehr veränderlichen Unterart vergleiche man: Willkomm in Oesterr. bot. Zeitschr. XL. (1890) 147; Hausskn. l. c.[1]) 1894 p. 38

— scheint kein Saathafer abzustammen; immerhin lassen sich nach der Behaarung der Blüten heute schon 3 Formen unterscheiden:

Var. *α* ***lasiathera*** Thell. **n. var.** (cf. Husnot Gram. de France etc. livr. 2. [1897] 39): aristae pars inferior (contorta) molliter pilosa. Unterer (gedrehter) Teil der Granne weichhaarig. So in Algerien: Tizi Mascara bei Oran, 1886/7, Trabut! Pl. Algér. — Eine durch etwas grössere Ährchen zur ssp. *macrocarpa* var. *maxima* überleitende Form: Lac de Miserghin, 1852, Balansa n. 551! (Herb. Montpellier).

Var. *β* ***psilathera*** Thell. **n. var.** (cf. Husnot l. c.): arista glabra (tantum scabra). Granne kahl (nur rauh). Die häufigere Form, wohl im ganzen Verbreitungsgebiet der Unterart; in Europa vielleicht nur diese Varietät. — Z. B.: Frankreich! Italien! Algerien! (mit der var. *α*, 1886, Trabut n. 298!); adventiv in der Schweiz! und in Ostindien!

Var. *γ* ***glabrescens*** Dur. ex Gren. et Godron Fl. France III. 2. (1856) 513 (mit dem irrigen Zitat «act. soc. linn. Bord. t. 20. p. 41», wo diese Varietät sich nirgends vorfindet!) = *A. sterilis* var. *Ludoviciana* subvar. *glabrescens* Husnot Gram. de France etc. livr. 2. (1897) 39: Deckspelze nur am Grunde zottig oder auch an der Insertion der Granne mit vereinzelten Haaren. So in Frankreich (nach Grenier et Godron und Husnot ll. cc.), sowie einst im botanischen Garten von Karlsruhe (A. Braun! sub *A. hirsuta* Roth). Auf weitere Übergänge zum *sativa*-Typus ist zu fahnden.

[1]) Siehe die Zusammenstellung der Publikationen Haussknecht's oben S. 296, Fussnote.

[2]) Saint-Lager (l. c.) findet es absurd, einer so fruchtbaren und im ganzen Mittelmeergebiet verbreiteten Pflanze die Bezeichnung «*sterilis*» zu geben. Sollte dieser schon von Virgil gebrauchte Name nicht mit dem frühzeitigen Ausfallen der Scheinfrüchte in Zusammenhang stehen? Dann würde er auf einer guten Beobachtung beruhen und hätte seine volle Berechtigung! — Vergleiche auch die Erklärung des Wortes *fatuus* oben S. 294, Fussnote 1.

seq.; Ascherson et Graebner Syn. II. 1. 240 (1899); Trabut l. c.[1]) 1909 p. 227, 1910 p. 353—5. Für unsere Zwecke sind bemerkenswert:

Var. α ***maxima*** (Perez-Lara Fl. Gadit. [1886—92] 54 sec. Willkomm in Oesterr. bot. Zeitschr. XL. [1890] 147 et Suppl. Prodr. fl. Hisp. [1893] 18 sub *A. sterili*) Thell. (*A. sterilis* L. l. c. sens. strictiss.[2]); Schreber Beschr. d. Gräser I. 5. [1768] 117/8; *A. sterilis* var. *genuina* Willkomm l. c. 1890 in syn.). — Ährchen sehr gross, Hüllspelzen bis 40—50 mm lang; die 2 untern Blüten stark borstig zottig behaart; Grannen kräftig, im untern Teil weich behaart. — Wohl verbreitet; z. B. Spanien, Frankreich!, Sizilien! (Palermo, Todaro n. 1210!), Algerien!

Var. β ***scabriuscula*** (Perez-Lara ibid. [1886—92] sec. Willkomm ibid. sub *A. sterili*) Thell. (*A. sterilis* var. *hirta* Willkomm l. c. 1890 in syn.). — Granne kahl, nur rauh; Ährchen oft etwas kleiner (Hüllspelzen 30—35 mm lang). — Die häufigste Form.

Var. γ ***calvescens*** Trabut et Thell. (in Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. Zürich LVI. [1911] 272 sub *A. sterili*) hoc loco (*A. sterilis* var. α Trabut l. c. 1909 p. 227, 1910 p. 353—5 cum ic.). Flores glabri vel subglabri, sed callus florum duorum inferiorum villoso-hirsutus. Deckspelzen fast oder völlig kahl, aber Callus der beiden unteren Blüten zottig behaart (z. B. Algerien!; auch adventiv im Güterbahnhof Zürich 1911, Thellung).

Var. δ ***pseudovilis*** (Hausskn. l. c. 1894 p. 39, 1899 p. 43 sub *A. sterili* ex p.[3]); emend. Trabut l. c. 1910 p. 353—4) Thell. (*A. sterilis* var. β Trabut l. c. 1909 p. 227, 1910 p. 353—5 cum ic.). Nur noch der Callus der unteren Blüte ist von einem Haarbüschel bekleidet; diese Varietät unterscheidet sich von der Kulturform *byzantina* durch die sehr schiefe, noch ziemlich leicht funktionierende Artikulation der unteren Blüte, durch die längeren und schmäleren, auch stärker lederigen und rauh punktierten Deckspelzen und das Vorkommen von je einer starken, geknieten und im unteren Teil gedrehten Granne auf den beiden unteren Blüten (nach Haussknecht bei Bordighera und ähnlich bei Nauplia, auf gut gedüngten, feuchten Stellen allmählich aus dem Typus hervorgehend; nach Trabut in Algerien!).

---

[1]) Siehe oben S. 304, Fussnote 2.

[2]) Linné betrachtet diese Varietät als den Typus seiner *A. sterilis*, da er (l. c. 1762) ausdrücklich von ihr sagt: „exterioribus flosculis aristisque basi pilosis".

[3]) Haussknecht's Diagnose scheint auch die var. *calvescens* einzuschliessen; ausserdem schreibt er l. c. 1899 p. 43 seiner var. *pseudovilis* „nicht mehr desartikulierte Blüten" zu, wonach sie mit der var. *parallela* Hausskn. zusammenfallen würde (?).

Var. ε ***solida*** (Hausskn. l. c. 1894 p. 40 sub *A. sterili*) Thell.: Blüten fuchsrot behaart, aber festsitzend (von Haussknecht 1889 im botanischen Garten zu Hamburg beobachtet).

Subsp. II. ***byzantina*** (C. Koch) Thell. (*A. byzantina* C. Koch![1]) in Linnaea XXI. [1848] 392 sens lat.; *A. sterilis* f. *parallela* Hausskn.[2]) l. c. 1885 p. 240, var. *parallela* l. c. 1894 p. 39, 40; *A. algeriensis* Trabut! in litt. et l. c. 1910 p. 354—8 cum ic., incl. *A. sterilis* var. γ Trabut l. c. 1910 p. 354), Deckspelzen ± kahl und (im Gegensatz zu den bisher besprochenen Varietäten) glatt und glänzend (statt rauh punktiert und ziemlich matt) mit Ausnahme der Spitze. Artikulationsfläche klein, mässig schief (ca. 45°) und nicht stark konkav, nur schwach schwielig umrandet; untere Blüte erst bei der Reife unvollkommen sich abgliedernd. Grannen nicht gekniet; der untere (vom obern nicht scharf abgesetzte) Teil kaum mehr gedreht. — Zu dieser Unterart gehören 2 Varietäten und ein Lusus:

Var. α ***biaristata*** (Hackel) Thell. (*A. sativa* var. *biaristata* Hackel! ex Trabut l. c. 1909 p. 228 [sphalm. «Haeckel»] et in Bull. Soc. bot. France LVI. 1909 Sess. extraord. [1910] XLIX et l. c. 1910 p. 355; *A. sterilis* var. γ Trabut l. c. 1910 p. 354—5 cum ic.). — Grannen noch ziemlich lang, beide die Hüllspelzen deutlich überragend (die Granne der untern Blüte meist mehr als 1½ mal so lang als die untere [kürzere] Hüllspelze). — So nach Trabut in Algerien als Unkraut auf Kulturland mit den oben genannten Formen der *A. sterilis*; ferner, wenn *A. sterilis* f. *parallela* Haussknecht hieher gehört, auf Leinäckern in Luristan (Persien).

---

[1]) *A. byzantina* C. Koch wird von allen neueren Autoren (zuerst von Cosson in Bull. soc. bot. France I. [1854] 15) mit *A. hybrida* Peterm. resp. mit *A. fatua* var. *glabrescens* Cosson identifiziert, eine Auffassung, gegen die sich schon aus der Originalbeschreibung („basis flosculi inferioris pilis quartam ejusdem flosculi partem attingentibus obsita, superioris nuda . . . Von *A. sativa* durch die beiden begrannten Blütchen, von denen nur das untere behaart ist, verschieden“) und dem Fundort („Konstantinopel unter dem Getreide“) schwere Bedenken erheben mussten; alle genannten Punkte deuten viel eher auf eine Form der *A. sterilis* als der *A. fatua* (allerdings gibt auch Haussknecht l. c. 1894 p. 37 *A. vilis* Wallr. mit den Synonymen *A. intermedia* Lindgr., *A. byzantina* Koch, *A. ambigua* Schönh. und *A. Pseudo-fatua* Schur, anscheinend nach eigener Beobachtung, um Konstantinopel an). Sichere Aufklärung über *A. byzantina* brachte mir die Autopsie des Originalexemplars dieser Spezies, das ich durch die Freundlichkeit der Herren Geh.-Rat Engler und Prof. Pilger aus dem Berliner Herbar zur Einsicht erhielt; es ergab sich, dass *A. byzantina* mit der 1910 von Trabut aufgestellten *A. algeriensis* zusammenfällt.

[2]) Die Diagnose Haussknecht's („Samen [sic] kahl, festsitzend, die Artikulation durch Verwachsen völlig verschwunden“) ist zu wenig genau, um erkennen zu lassen, welche der beiden Varietäten der *A. byzantina* der Autor im Auge gehabt hat; da nach freundlicher Mitteilung von Herrn Bornmüller in Weimar auch das Herbar H.'s keinen sichern Aufschluss darüber gibt, so kann ich die var. *parallela* nur als Synonym sur subsp. *byzantina* stellen.

Var. β *culta* Thell. (*A. byzantina* C. Koch! l. c. sens. strict.; *A. algeriensis* Trabut! l. c. sens. strict.; *A. sativa* C. Koch in Linnaea XIX [1847] 5 [teste ipso auctore l. c. 1848] et auct. reg. medit. saltem ex maxima p. — non L.; ? *A. sativa* var. 12. *rubida* Körnicke in Körn. u. Werner Handb. d. Getreidebaus I. [1885] 207, 214 ex loc. «Algier, Portugal, Unteritalien» — an Krause Abbild. u. Beschr. Getr. [1835—7] Heft VII. 13. t. 5 B.?). — Grannen kürzer, meist nur noch die längere (die der untern Blüte) ihre Hüllspelze überragend, und zwar in der Regel um weniger als die Hälfte der Länge der letztern. — So nach Trabut wohl schon seit langer Zeit in Kultur im Mittelmeergebiet: Spanien, Korsika!![1]), Süditalien, Kleinasien![2]), Cypern, Tunesien, Algerien![3]); adventiv (ob aus der Kultur im Lande selbst verwildert oder aus grösserer Entfernung eingeschleppt?) im schweizerischen Kanton Tessin![4]); entschieden verschleppt auch im cisalpinen Mitteleuropa (Schweiz![5]), Deutschland![6])). — Habituell steht diese Form der mitteleuropäischen *A. sativa* sehr nahe; sie unterscheidet sich jedoch von ihr und beweist ihre Abstammung von *A. sterilis* durch folgende Merkmale: die unterste Blüte gliedert sich (ob auch bei dem *lusus denudata*?) bei der vollen Reife oder wenigstens beim Dreschen mit Hülfe einer schief gestellten Artikulationsfläche ab (vergl. Trabut l. c. 1910 p. 355 fig. 5, 6), wobei das stehenbleibende, schief becherförmige Stück der Ährchenachse, das heller gefärbt ist als die Deckspelze, schon vor der Abgliederung deutlich abgegrenzt erscheint, während bei *A. sativa* die Abgliederung der Scheinfrüchte beim Dreschen durch einen quer verlaufenden Bruch der Ärchenachse in der Höhe der nicht mehr funktionierenden Artikulationsstelle am Grunde der Blüten erfolgt. Die zweite Blüte (das „Innenkorn" Atterberg's) bleibt beim algerischen Hafer beim Dreschen zunächst mit der ersten (dem „Aussenkorn") verbunden, so dass beide (zusammen mit einer eventuell vorhandenen dritten Blüte) an einem

---

[1]) Kultiviert am Liamone, im Hintergrund des Golfes von Sta. Manza, 1900. M. Rikli! (Herb. Polyt. Zürich); verwildert auf einer Mauer zwischen Ajaccio und dem Campo di Loro, 1911, Thellung. — Für Frankreich ist *A. byzantina* nicht sicher nachgewiesen; der um Montpellier, Arles etc. kultivierte Hafer gehört nach Exemplaren im Herb. Montpell. zu *A. sativa* (var. *diffusa* und var. *contracta*).

[2]) Brussa, ca. 1847, [Thirke ? in] herb. C. Koch! (herb. Berol.).

[3]) Schon 1853 von Duval-Jouve bei Dely (?) Ibrahim, von Europäern kultiviert, gesammelt (forma uniaristata!, Herb. Montpell.).

[4]) Bironico, ungebaute Orte, 1903, M. Jäggli! Herb. Univ. Zürich; Morcote, Strassenrand, 1909, 1911, Thellung.

[5]) Tiefenbrunnen bei Zürich, auf Schutt, 1899, Güterbahnhof und Kiesgrube Hardau in Zürich III (mit *A. sativa* und *sterilis*), 1910/11, Arosa (Graubünden), Schutt bei 1750 m, 1908, Thellung (vergl. auch Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. Zürich LVI. [1911] 272).

[6]) Freiburg i./B., Kiesgrube an der Baslerstrasse, 1911, Thellung.

Stück aus den Hüllspelzen ausfallen; werden sie gewaltsam von einander getrennt, so geschieht dies durch den Bruch des zwischen den beiden Blüten befindlichen Gliedes der Ährchenachse, und zwar im unteren Teil des Internodiums, so dass der grösste Teil des „Stielchens" der oberen Blüte mit dieser sich abtrennt und am Grunde eine abwärts gerichtete stielartige Verlängerung derselben bildet (vergl. Trabut l. c. 1910 p. 357 f. A 2), während am Grunde der Vorspelze der unteren Blüte nur ein winziges Fragment übrig bleibt. Bei *A. sativa* dagegen trennt sich die zweite Blüte von der ersten in der Weise, dass der Bruch am oberen Ende des Internodiums der Ährchenachse erfolgt; dabei bleibt der grösste Teil dieses Internodiums am Grunde der unteren Blüte (auf der Seite der Vorspelze) in der Form eines aufwärts gerichteten Stäbchens stehen, während die obere Blüte am Grunde keine stielartige Verlängerung zeigt. Ausserdem zeichnet sich *A. byzantina* vor *A. sativa* durch folgende Merkmale aus, die allerdings keine absolut durchgreifenden Unterschiede darstellen, aber in ihrer Gesamtheit doch für den algerischen Hafer charakteristisch sind: fast stets 2grannige Ährchen[1]) — nur an Kümmerformen sehr sterilen Bodens sind zuweilen einzelne oder die meisten Ährchen 1grannig —, schlankere und meist auch grössere Blüten, deren zweitunterste am Grunde in den oberwärts knorplig verhärteten und verdickten Stiel allmählich verschmälert (statt plötzlich in den dünnen Stiel zusammengezogen) ist, sowie Vorkommen eines Kranzes von relativ langen (3—5 mm), borstlichen Haaren auf dem Callus der untersten Blüte (und zwar nur unter dieser!). Endlich besteht noch ein (stets zuverlässiger?) Unterschied in der Ausbildung der Granne: dieselbe ist bei *A. byzantina* auf den obern, dünnen Teil reduziert und daher einfarbig grün, während die Granne von *A. sativa* (wenn vorhanden) deutlich in einen schwärzlichen unteren und einen grünen oberen Teil gegliedert ist. Hervorzuheben ist noch, dass *A. byzantina* mit Rücksicht auf die deutlich

---

[1]) Dass die Väter der Botanik (Brunfels, Bock [Tragus], Fuchs, Dodoëns) den mitteleuropäischen Saathafer (*A. sativa*) mit zweigrannigen Ährchen beschreiben, rührt, wie Ernst H. L. Krause (in Naturw. Wochenschr. XXVI. [N. F. X.] (1911) 248) mit Recht aufmerksam macht, davon her, dass die betreffenden Autoren die Diagnose des Hafers aus Dioskorides (vergl. auch S. 342) entnommen haben, und zwar entschieden nur aus Autoritätsglauben und entgegen der eigenen Beobachtuug, da die Abbildungen der Patres selbst eingrannige oder grannenlose Ährchen darstellen! Die Pflanze des Dioskorides war eben *A. byzantina* (oder *A. sterilis*?), diejenige der Patres die *A. sativa* im engern Sinne. Der mitteleuropäische Saathafer wird nach Krause l. c. zum erstenmal von Joh. Bauhin (Hist. pl. II. [1651] 432) richtig mit einer begrannten und einer grannenlosen Blüte in jedem Ährchen beschrieben („gemina grana oblonga . . . quorum granum alterum habitus aristas habet laterales . . .").

ausgebildete Artikulationsstelle der unteren Blüte eine grössere Ähnlichkeit mit *A. sterilis* bewahrt hat, als dies bei *A. sativa* gegenüber *A. fatua* der Fall ist. Über die ökonomische Bedeutung dieser Rasse vergl. oben S. 306. — Zu *A. byzantina* ist wohl noch zu stellen:

l. ***denudata*** (Hausskn.) Thell. (*A. sterilis* var. *denudata* Hausskn. l. c. 1894 p. 40; l. *denudata* A. et G. Syn. II. 1. 240 [1899]): Deckspelze fest angewachsen (nicht artikuliert), verkahlend und verblassend, an der Spitze vergrünend, die Karyopse locker einschliessend, Granne reduziert (so von Haussknecht im Hamburger botan. Garten beobachtet). Aus dieser Form liesse sich — wenn sie wieder gefunden würde — vielleicht ein Nackthafer mit den physiologisch-biologischen Eigenschaften der *A. sterilis* gewinnen.

Subsect. 2. ***Conformes*** Cosson [et Durieu] in Bull. Soc. bot. France I. (1854) 14 (sub sect. *Avenatypus* subsect. *Agrestes*). Alle Blüten sich hinsichtlich der Abgliederung gleich verhaltend: entweder (bei den Wildformen) alle sich abgliedernd, mit ± schief gestellter Artikulationsfläche, oder (bei den Kulturformen und den Übergängen zu diesen) festsitzend, mit kleiner, rudimentärer Abgliederungsfläche.

2. ***A. fatua***[1]) L. Spec. pl. (1753) 80 sens. ampl.; Hausskn. l. c. 1885 p. 237—39 et 1894 p. 37, 45 (incl. *A. sativa* L.). — Wildformen mit rundlicher, mässig schief gestellter Abgliederungsfläche der Blüten (vergl. Haussknecht l. c. 1885 fig. I, VII); Kulturformen mit kleiner, rundlicher, horizontaler, nicht mehr spontan funktionierender Artikulationsfläche (Haussknecht fig. VI, VIII). Deckspelzen an der Spitze wie bei *A. sterilis* (S. 313). — Für die uns hier interessierenden Formen der *A. fatua* sens. ampl. schlage ich folgende Gliederung vor:

Subsp. I. ***fatua*** (L.) Thell. (*A. fatua* L. l. c. sens. strict. et auct. plur.; *A. fatua α typica* Fiori & Paoletti Fl. anal. Ital. I. 1. [1896] 72 — non Hausskn. nec Beck; *A. patens* St.-Lager in Cariot Etude des Fleurs ed. 8. [1889] 921 teste Ed. Bonnet in litt.; *A. fatua β* Schreber Beschr. d. Gräser I. 5. [1768] 109). — Wildformen; Artikulationsfläche gut ausgebildet und funktionierend (vergl. jedoch die Var. *transiens*). — Verbreitung der Unterart: heute in fast ganz Europa (doch urwüchsig vielleicht nur im osteuropäischen Steppengebiet nach Haussknecht l. c. 1885, 1892, 1899 p. 46—48 auch in Mitteleuropa, speziell in Mitteldeutschland? vergl. später), ausserdem in West-, Nord- und Ost-Asien und in der nordafrikanischen Steppen-

[1]) Über die Bedeutung des Wortes *fatuus* siehe oben S. 294, Fussnote.

zone; im eigentlichen Mittelmeergebiet selten ausser Ägypten[1]) und oft nur infolge Verwechslung mit *A. sterilis* und *A. barbata* angegeben; ferner adventiv in Süd-Afrika!, Nord-! und Süd-Amerika (z. B. Montevideo!), Australien (nach F. v. Mueller stellenweise eingebürgert) und Neuseeland (häufig). — *A. fatua* steht der *A. sterilis* sehr nahe und ist von ihr (namentlich von deren Rasse *Ludoviciana* [Dur.] Gillet et Magne, bei der die Abgliederungsfläche der Blüten auch ziemlich breit ist) oft mit Sicherheit nur durch das Gruppenmerkmal der *Conformes* zu unterscheiden; bei mehr als zweiblütigen Formen erkennt man *A. fatua* leicht daran, dass alle Blüten hinsichtlich der Begrannung und Behaarung sich gleich verhalten, während bei *A. sterilis* nur die zwei untersten Blüten behaart und begrannt sind. Das von manchen Floristen zur Trennung verwendete Merkmal des allseitigen Blütenstandes von *A. fatua* (im Gegensatz zu der einseitswendig zusammengezogenen Rispe der *A. sterilis*) ist nicht durchgreifend, da auch *A. fatua* in einer var. [γ] ***subsecunda*** Uechtr. ex Fiek Fl. Schles. (1881) 510 (= *A. fatua α typica* b *subsecunda* Fiori & Paoletti Fl. anal. Ital. I. 1. [1896] 72 = *A. fatua* g. *contracta* Hausskn. l. c. 1885 p. 239) mit einseitswendigem Blütenstand (analog der *A. sativa* var. *contracta* Neilr. = *A. orientalis* Schreb.) vorkommt. In Ägypten, wo *A. fatua* und *sterilis* in Menge beisammen wachsen (während sie sich sonst in der Regel geographisch mehr oder weniger ausschliessen), kommen manifeste Übergangsformen vor, die Haussknecht (l. c. 1899 p. 44) wohl mit Recht als Bastarde auffasst. — Die folgenden Abarten der Subsp. *fatua* illustrieren den schrittweisen Übergang vom Wild- zum Saathafer-Typus:

Var. *α* ***pilosissima***[2]) S. F. Gray Nat. arr. Brit. pl. II. (1821) 131 («*β*») sec. H. et J. Groves in litt.; Syme Engl. Bot. ed. 3. XI. (1872) 79 sec. eosdem (*A. lanuginosa* Gilib. Exercit. phytol. II.

---

[1]) Auch in Korsika soll *A. fatua* nach Marsilly (Cat. pl. vasc. Corse [1872] 164) und Briquet (Prodr. fl. corse [1910] 105) auffallenderweise verbreitet sein; ob die Fundorte nicht teilweise auf andere Wildhafer-Arten zu beziehen sind? (Marsilly gibt die in ganz Korsika [!] häufige *A. barbata* nur von Ajaccio, *A. sterilis* überhaupt nicht an).

[2]) Nach A. Zade (Der Flughafer [*Avena fatua*], Diss. Jena 1909, p. 34—36) sind die auf die Behaarung der Scheinfrüchte begründeten Varietäten in der Nachkommenschaft nicht konstant; der genannte Autor schlägt daher (l. c. 36) eine Einteilung der *A. fatua* nach der Farbe der Scheinfrüchte vor, die nach seinen Untersuchungen sich konstant vererbt: a) ***nigrescens*** Hausskn. l. c. 1885 p. 237 (braunspelzig), b) ***cinerascens*** Hausskn. ibid. (grauspelzig), c) ***albescens*** Hausskn. ibid. = var. *flavescens* Zade l. c. (gelbspelzig). Nun sind aber gerade diese Farbenvarietäten für unsere Zwecke, nämlich für die Aufstellung einer Reihe von phylogenetischen Übergangsformen zwischen *A. fatua* und *A. sativa*, belanglos, da auch *A. sativa* in analoger Weise abändert.

[1792] 539; *A. nigra* [«Thal»[1])] Wallr. in Linnaea XIV. [1840] 544; *A. fatua α hirsuta* Neilr. Fl. Nied.-Österr. I. [1859] 59; *α genuina* Ducommun Taschenb. Schweiz. Bot. [1869] 863; var. *typica* Hausskn. l. c. 1885 p. 241 et fig. I, VII; (*α*) G. Beck Fl. Nied.-Österr. I. [1890] 74 — [non Fiori & Paoletti 1896]; var. a *nigrescens*, b *cinerascens* et c *albescens*[2]) Hausskn. l. c. 1885 p. 237). — Callus und Deckspelzen dicht borstig behaart. — Die häufigste Form.

Var. *β* ***glabrata*** Peterm. Fl. d. Bienitz (1841) 13 et in Rchb. Fl. Saxon. (1842) 17 et in Flora XXVII. (1844) 229; Hausm. ex Döll Fl. Grossherzgt. Baden I. (1857) 190; Neilr. Fl. Nied.-Österr. I. (1859) 59; Ascherson Fl. Brandenb. I. 2. (1864) 828; A. et G. Syn. II. 1. 239 (1899) (*A. fatua* [typus] S. F. Gray Nat. arr. Brit. Pl. II. [1821] 131 sec. H. et J. Groves in litt.; *A. intermedia* Lindgren in Lindbl. Bot. Notiser 1841 p. 151; Steudel Syn. Gram. [1855] 230 — non Lestib. (1827); *A. fatua β intermedia* Ducommun Taschenb. Schweiz. Bot. [1869] 863; Syme Engl. Bot. ed. 3. XI. [1872] 79 sec. H. et J. Groves in litt.; Hartm. Handb. Skand. Fl. ed. 11. [1879] 507[3]); Richter Pl. Europ. I. [1890] 62; G. Beck Fl. Nied.-Österr. I. [1890] 74; Husnot Gram. II. [1897] 39 ex p.; cf. Godron in Gren. et Godron Fl. France III. 2. [1856] 512 — non (Lestib.) Lej.; *A. ambigua* Schönh. Taschenb. Fl. Thür. [1850] 517![4]) ex descr. [non *A. fatua* var. *ambigua* Hausskn.]; *A. fatua* var. *glabrescens* Cosson in Bull. Soc. bot. France I. [1854] 15 ex p. [excl. syn. *A. hybrida* Peterm. et *A. byzantina* C. Koch], item in Coss. et Durieu Expl. scient. Algér. II. fasc. 1. [1854—55] 113 t. 41 f. 3d; Battand. et Trabut Fl. d'Alger Monocot. [1884] 62; Hausskn. l. c. 1885 p. 237; *A. fatua* var. *glaucescens* [sphalm.] Durand et Schinz

---

[1]) Über *A. nigra* Thal vergl. auch S. 329.

[2]) Diese letztere Form ist wohl identisch mit *A. fatua albescens* Sonder (wo publiziert?) nach Döll Fl. Grossherzgt. Baden I. (1857) 190.

[3]) Wohl auch schon in früheren Auflagen!

[4]) Dieses Zitat, sowie die Originaldiagnose der *A. ambigua* verdanke ich der Freundlichkeit von Herrn J. Bornmüller in Weimar. Aus der Beschreibung („Bth. kahl und glättlich oder an der untern Hälfte flüchtig behaart; Achsen und Schwiele der Bth. borstig rauhhaarig ....") geht hervor, dass *A. ambigua* Schönh. mindestens zum grössten Teil zu unserer var. *glabrata* gehört, während Haussknechts var. *ambigua* (mit dem Syn. *A. ambigua* Schönh.) unserer var. *hybrida* entspricht (die Schönheit l. c. noch besonders als Art aufführt). Auch die von Haussknecht früher als *A. fatua* × *sativa* = *A. ambigua* ausgegebene Pflanze gehört zur var. *glabrata*. — Schönheit zitiert des Fernern als Synonym zu seiner *A. ambigua*: *A. hybrida* Koch Syn. ed. II. non Peterm.; die letztere unterscheidet er von seiner Pflanze, neben der sehr kurzen Behaarung des Callus, namentlich durch den etwas zusammengezogenen (bei *A. ambigua* „abstehenden, gleichen") Blütenstand und die 11- (statt 9-) nervige obere Hüllspelze. Endlich spricht Schönheit selbst schon die Vermutung aus, seine provisorisch aufgestellte Spezies dürfte mit *A. fatua* var. *glabrata* Peterm. identisch sein.

Consp. fl. Afr. V. [1895] 842; «*A. fatua* a. *Pseudo-fatua* = *A. strigoso-fatua*» Schur Enum. pl. Transsilv. [1866] 757 [«axe flosculisque minus pilosis, subglabris, pilis longis hinc inde obsessis»]; *A. fatua* × *sativa* O. Kuntze Taschenfl. Leipzig [1867] 47! ex p.; Hausskn.! in Möller Fl. NW.-Thür. [1873] 199! [sine descr., cum syn. *A. ambigua* Schönh.] saltem ex p., item prob. Focke Pflanzen-Mischlinge [1881] 409[1]); ? *A. sativa* var. *sericea* J. D. Hooker Fl. Brit. Ind. VII. [1897] 275)[2]). — Deckspelzen am Grunde (auf dem Callus) von einem dichten Kranz von Haaren umgeben, deren längste etwa 1/4 so lang sind als die Blüten; Deckspelzen selbst nur mit vereinzelten langen (meist hellen) Haaren, später oft völlig verkahlend. — So wohl im ganzen Verbreitungsgebiete der Art; auch verschleppt, z. B. in Nord-Amerika: Howell Fl. Northwest Am. I. (1903) 743 (var. *glabrescens* Coss.); Montevideo 1880, Arechavaleta! Kommt nach Ascherson u. Graebner (Fl. nordostd. Flachl. 1. [1898] 96) auch mit zusammengezogener, einseitswendiger Rispe vor.

Var. γ **intermedia** (Lestib.) Lejeune et Courtois Comp. fl. Belg. I. (1828) 71, non alior. (*A. intermedia* Lestib. fil. Botanogr. Belg. II. [1827] 36![3]) non alior.; nomen neglectum!). — Deckspelzen spärlicher behaart als beim Typus, mit kürzeren, meist blassen Haaren; auch der Haarkranz am Grunde der Blüten kürzer als bei den zwei vorhergehenden Varietäten. — Belgien nach Lestiboudois und Lejeune et Courtois (ll. cc.); stellt eine Zwischenform zwischen var. *pilosissima* und var. *hybrida* dar.

Var. δ [«c)»] **hybrida** (Peterm.) Ascherson Fl. Brandenb. I. 2. (1864) 828 sens. ampl.[4]); cf. Godron in Gren. et Godron Fl. France III. 2. (1856) 512 (*A. vilis* Wallr. in Linnaea XIV. [1840] 543

[1]) Ebenso ist «*A. fatua* L. × *sativa* L. subsp. *diffusa* A. et G. f. *intermedia*» E. Erdner Fl. v. Neuburg a./D. in Ber. naturw. Ver. Augsburg 39.—40. (Mai 1911) 559/60 nach der mir von Prof. Dr. F. Vollmann in München freundlichst mitgeteilten Diagnose (« . . . flores basi tantum setoso-pilosi, axis plane hirsutus» hinsichtlich der Zugehörigkeit zu var. *glabrata* oder var. *hybrida* zweifelhaft.

[2]) „.... branches of panicle spreading equally all round.... gls III and IV silky hairy at the base, rachilla silky villous. — Bhotan, Sikkim Himalaya, cult. — Beluchistan and Affghanistan; wild in cultivated fields in the Kurrum Valley (Aitchison n. 24)". Die wilde Pflanze gehört wohl sicher zu *A. fatua* var. *glabrescens*, die kultivierte vielleicht zur var. *transiens* Hausskn.?

[3]) Eine Kopie der Originaldiagnose von *A. intermedia* Lestib. (welcher Name in der neuern Literatur vollständig fehlt) verdanke ich der freundlichen Vermittlung der Herren Professoren Durand und De Wildeman in Brüssel.

[4]) Die var. *hybrida* Ascherson entspricht in der ursprünglichen Fassung ziemlich genau der *A. hybrida* Peterm. non Koch; vergl. die folgende Fussnote.

[«floribus calvis, axis hirsuti pilis brevissimis adpressis illum aequantibus»]; *A. fatua* var. *vilis* Hausskn. l. c. 1894 p. 39, 45 [cf. p. 37]; *A. sativa* × *fatua* A. *vilis* Ascherson et Graebner Syn. II. 1. 242 [1899]; *A. hybrida* [«vielleicht Bastard von *A. sativa* und *fatua*»] Peterm. Fl. d. Bienitz [1841] 13 et in Rchb. Fl. Saxon. [1842] 17 et in Flora XXVII. 1. [1844] 228 sens. ampl.[1]); Koch Syn. fl. Germ. Helv. ed. 2. II. [1844] 917 [1]); Steudel Syn. Gram. [1855] 230; *A. fatua* var. *glabrescens* Cosson l. c. 1854 et 1855 ex p. [non Hausskn.]; *A. Pseudo-fatua* Schur enum. pl. Transsilv. [1866] 756 in syn. ad *A. hybridam*; *A. fatua γ glabra* Ducommun Taschenb. Schweiz. Bot. [1869] 863; *A. fatua* × *sativa* O. Kuntze l. c. [1867] ex p., Hausskn. l. c. [1873] ex p., Focke l. c. [1881] ex p.; *A. fatua* c. *ambigua* Hausskn. l. c. 1885 p. 237 f. II, III [non *A. ambigua* Schönh. 1850]; *A. fatua* var. *intermedia* Husnot Gram. II. [1897] 39 ex p. — non Lej. et Court. [1828] nec Ducommun [1869]). — Deckspelzen meist völlig kahl, nur der Callus mit einem Kranze ziemlich spärlicher, sehr kurzer (± 1 mm langer) Haare, die den Grund der Blüten kaum überragen. — So besonders aus Mitteleuropa bekannt; auch einmal adventiv bei Montpellier! — Die Form mit einseitswendig zusammengezogener Rispe und 11nerviger oberer

---

[1]) Petermann selbst verstand unter seiner *A. hybrida* eine Form unserer var. *hybrida* mit ziemlich zusammengezogenem, fast einseitswendigem Blütenstand („panicula subcontracta, subsecunda"), weshalb seine Pflanze auch schon (z. B. von Ascherson Fl. Brandenb. I. 2. [1864] 828; Haussknecht olim in sched.) vermutungsweise als *A. fatua* × *orientalis* gedeutet wurde; der einseitswendige Blütenstand beweist jedoch durchaus nicht die Beteiligung der *A. orientalis* bei der Entstehung dieser Form, da auch die typische *A. fatua* mit ± einseitswendiger Rispe vorkommt (vergl. oben) und nach Ascherson (l. c. 1864) die gleiche Form des Blütenstandes auch schon bei der var. *glabrata* beobachtet wurde. Koch dagegen schreibt (l. c. 1844) der *A. hybrida* Peterm. eine „panicula aequalis patens" zu, weshalb die meisten Autoren (z. B. Garcke in den früheren Auflagen seiner Flora, Ascherson Fl. Brandenb., Ascherson u. Graebner) zwischen *A. hybrida* Peterm. und *A. hybrida* Koch unterscheiden zu müssen glaubten; die letztere wird von den genannten Autoren (Ascherson l. c. I. 2. [1864] 828; Garcke, z. B. Fl. v. Nord- u. Mittel-Deutschl. ed. 2 [1851] 370, ed. 12. [1875] 449, Ill. Fl. Deutschl. ed. 16. [1890] 493; A. et G. Syn. II. 1. 239 [1899]) zu *A. fatua* var. *glabrata* gezogen, die erstere dagegen als eigene Art (Garcke l. c.) oder als eigene Varietät der *A. fatua* (Ascherson l. c.) oder endlich als Bastard von *A. fatua* und *sativa* (A. et G. l. c. 242) aufgefasst. Für die letztere Deutung war vielleicht der Umstand massgebend, dass Petermann seiner *A. hybrida* eine 11nervige, Koch dagegen eine 9nervige obere Hüllspelze zuschreibt; indessen hat schon Garcke in den späteren Auflagen seiner Flora (z. B. ed. 18. [1898] 683), wie mir scheint mit Recht, *A. hybrida* Koch wieder mit *A. hybrida* Peterm. vereinigt und beide als Synonyme zu *A. fatua* var. *glabrescens* (die unsere beiden Varietäten *glabrata* und *hybrida* umfasst) gestellt. Dass die Anzahl der „Klappennerven" veränderlich ist, hebt schon O. Kuntze (Taschenfl. Leipzig [1867] 47), der *A. hybrida* Petermann und die homonyme Kochsche Art identifiziert und beide als Synonyme zu seiner *A. fatua* × *sativa* stellt, mit Recht hervor.

Hüllspelze: subvar. ***Petermanni*** Thell. **nom. nov.** (= *A. hybrida* Peterm. non Koch)[1]).

Var. ε [d] ***transiens*** Hausskn.! l. c. 1885 p. 238 et f. IV, V, IX (*A. sativa* × *fatua* B *transiens*[2]) Ascherson et Graebner Syn.

---

[1]) Eine ähnliche Form mit zwar einseitswendigem Blütenstand, aber mit grösstenteils nur 9nervigen Hüllspelzen sammelte ich 1911 bei Freiburg i. B. (Kiesgrube an der Baslerstrasse).

[2]) Auch A. Zade (Der Flughafer [*Avena fatua*], Diss. Jena 1909) hält diese Form, da sie sich in der Kultur nicht konstant erhält, sondern sich in der zweiten Generation in Flug- und Saathafer spaltet (p. 36—39), am ehesten für ein natürliches Kreuzungsprodukt von *A. fatua* und *sativa* (p. 39, 42—43, 45—47), im Gegensatz zu Nilsson-Ehle, der sie (Tidskrift för Landtmän 1907 No. 21 und 22 [kurzer Bericht im Journal f. Landwirtschaft 1908 Heft 3, 303]; zitiert nach Zade l. c. 39) als Mutationen ansprach (weil in Svalöf, wo die Untersuchungen vorgenommen wurden, kein Flughafer vorkomme; indessen konnten, wie Zade l. c. 42 richtig hervorhebt, der *A. sativa* ähnliche Bastarde vor Zeiten mit Saatgut eingeschleppt worden sein), im Gegensatz auch zu M. Fischer, der (in Fühlings landw. Zeitschr. 1900 Heft 19, 20, 21 und 1902 Heft 11 [S. 413] — nach Zade l. c. 41, 43) die Übergänge am wahrscheinlichsten für Rückschlagsformen von *A. sativa* nach *A. fatua* hält, die in der Regel in *A. fatua*, seltener (l. c. 1902, p. 413) in *A. sativa* übergehen. Ohne die Möglichkeit der Bildung von Mischlingen zwischen Flug- und Saathafer leugnen zu wollen, muss doch die Annahme, dass *A. fatua* var. *transiens* stets hybrid sein müsse, zurückgewiesen werden. Der von Zade (p. 42) zugunsten seiner Auffassung angeführte Wahrscheinlichkeitsgrund, dass sich immer gerade unter denjenigen Haferkörnern die meisten Zwischenformen finden, die viel Flughafer enthielten oder noch enthalten, scheint mir durchaus nicht stichhaltig; denn es ist klar, dass unter der Voraussetzung eines bestimmten Prozentsatzes von mutierenden oder aus andern Gründen unter dem Einfluss der Kultur in der Richtung nach *A. sativa* abändernden Individuen unter jedem Flughaferbestand, die absolute Zahl der aberranten Exemplare proportional mit der Menge der Flughaferpflanzen überhaupt wachsen muss. Unwahrscheinlich gemacht wird die Annahme von spontanen Kreuzungen auch durch die schon Körnicke (in Körn. u. Werner Handb. d. Getreidebaus I. [1885] 196—99) hervorgehobene und auch von Zade (p. 29—30) bestätigte, vorwiegende Autogamie der Hafer-Arten. Hervorzuheben ist auch, dass die von Zade vorgenommenen künstlichen Kreuzungen von *A. fatua* und *sativa* bis jetzt fast völlig erfolglos geblieben sind (p. 47). Endlich muss die Existenz einer nicht-hybriden Übergangsform mit den Merkmalen der *A. fatua* var. *transiens* schon logischerweise aus Analogiegründen vorausgesetzt werden, da die analogen Formen («formae *solidae*») anderer Wildhaferarten jeweils in Gebieten beobachtet wurden, wo gar kein Saathafer oder jedenfalls nicht der von der betreffenden Wildform abzuleitende kultiviert wird, so dass hybridogene Entstehung ausgeschlossen erscheint.

In einer neuesten Abhandlung: „Über Fälle spontanen Wegfallens eines Hemmungsfaktors beim Hafer“ (Zeitschr. f. indukt. Abstammungs- u. Vererbungslehre V. 1. [1911] 1—37 u. Taf. I) hält H. Nilsson-Ehle daran fest, dass die zufällig unter dem Saathafer auftretenden Individuen mit Wildhafercharakter als durch spontane Abänderung entstandene Atavisten bezw. als Heterozygoten aus Atavisten und den typischen Saathaferformen zu betrachten sind und dass sie unabhängig von Kreuzungen entstehen müssen. Das Zustandekommen der Atavisten denkt sich Verf. in der Weise, dass ein bei den Saathafersorten vorhandener Hemmungsfaktor wegfällt, wodurch die ursprünglich vorhandenen Wildhafermerkmale wieder aktiv werden. — Nach Taf. I gehören die „Heterozygoten“ zu *A. fatua* var. *transiens*, die „Atavisten“ zu den Var. *hybrida* und *glabrata*.

II. 1. 243 [1899]; ? *A. sativa* var. 10. *setosa* Körnicke in Körn. u. Werner Handb. d. Getreidebaus I. [1885, post Hausskn.] 207, 211). — Behaarung und Färbung der Blüten wie bei *A. fatua* var. *pilosissima* oder var. *glabrata*, aber Artikulationsfläche klein, weniger schief, die Ablösung der Blüten nicht mehr freiwillig erfolgend; Ährchen oft nur 1grannig. — Selten in Mitteleuropa (z. B. Deutschland!!, Schweiz!!); auch einmal (1805) als Unkraut im bot. Garten Montpellier!

Var. ζ ***intermixta*** Thell. **n. var.**, glumella inferiore glabra, corona pilorum ad callum parcissime evoluta et interrupta, articulatione quam in var. *hybrida* multo minore, tamen obliqua et distincta, floribus maturis sponte deciduis. Ähnlich der var. *hybrida*, aber Haarkranz des Callus sehr schwach entwickelt und unterbrochen; Artikulationsfläche zwar schief und deutlich umrandet, aber viel kleiner als bei der var. *hybrida*; Blüten hellfarbig und kahl wie bei *A. sativa*, jedoch bei der Reife freiwillig ausfallend. — Freiburg i. B., Kiesgrube an der Baslerstrasse, 1911, Thellung. Könnte, wie die var. *transiens*, auch als Bastard: *A. fatua* × *sativa* gedeutet werden.

Die zwei letztgenannten Varietäten stellen offenkundige Übergangsformen zur folgenden Unterart dar:

Subsp. II. ***sativa*** (L.) Thell. (*A. sativa* L. Spec. pl. [1753] 79; A. et G. Syn. II. 1. 233 [1899] ex p.; *A. sativa* var. 1—18 Körnicke in Körn. et Werner Handb. d. Getreidebaus I. [1885] 207, 208—13; *A. fatua* e. *sativa* Hausskn. l. c. 1885 p. 238 et f. VI, VIII; l. c. 1894 p. 45; *A. sativa α typica* Fiori & Paoletti Fl. anal. Ital. I. 1. [1896] 72 [non G. Beck 1890]; *A. dispermis* Miller Gard. Dict. ed. 8. [1768] *Avena* n. 1; *A. pendula* Gilib. Exercit. phytol. [1792] 539; *Graminastrum* [*Avena*] *albavena* E. H. L. Krause in Naturw. Wochenschr. XXVI. [N. F. X.] [1911] 249). — Artikulationsstelle fast horizontal, von Parenchymgewebe erfüllt; Blüten daher festsitzend, nur durch gewaltsamen (und meist unregelmässigen) Querbruch der Achse in der Höhe der Artikulation sich ablösend; Deckspelzen meist kahl und blass gefärbt, Callus mit spärlichen, kürzeren oder längeren Haaren oder wohl auch ohne solche. — Kultiviert[1])

A. fatua var. *transiens*, die sich nach den übereinstimmenden Beobachtungen von Nilsson-Ehle und Zade in der Kultur nicht konstant erhält, sondern mendelt, scheint demnach wirklich einen heterozygotischen Zustand darzustellen, der jedoch nicht notwendig durch Kreuzung entstanden sein muss, sondern auch das Resultat einer spontanen Abänderung sein kann.

[1]) Im wildwachsenden Zustand ist *A. sativa* nicht mit Sicherheit bekannt und eigentlich mit Rücksicht darauf, dass ihre Unterscheidungsmerkmale gegenüber *A. fatua* eine vom Standpunkt der Pflanze höchst unzweckmässige Anpassung an

in den gemässigten Regionen der ganzen Erde; in Europa besonders im kältern Teil (Schweden bis 64°, Norwegen bis 69½° n. Br.) und in Gebirgslagen (Schweizeralpen bis 1400 m, Tirol bis 1800 m; auch im Himalaya, und zwar hier bis gegen 4000 m, sowie in Kaschmir). Im Mittelmeergebiet schlecht gedeihend (vergl. oben S. 305/6) und hier meist durch die habituell sehr ähnliche, bis vor kurzem mit ihr verwechselte *A. byzantina* ersetzt[1]) (die Unterschiede siehe bei dieser, S. 317/9); an der extrem atlantischen Westküste Europas (von Portugal und Spanien bis nach Schottland und den benachbarten Inseln) machen ihr die von *A. barbata* abstammenden *A. strigosa* und *brevis* den Rang streitig. Im ganzen Kulturbereich tritt *A. sativa* häufig verwildert auf, doch in der Regel nur vorübergehend[2]); wie bei vielen anderen Kulturpflanzen dürften der Verlust der Verbreitungsmittel der Früchte und wohl auch gewisse physiologische Veränderungen in der Kultur eine dauernde Einbürgerung ausserhalb des Pflegebereichs des Menschen unmöglich machen. — Zerfällt zunächst in 2 Abarten:

Var. α ***diffusa*** Neilreich Fl. Nied.-Österr. (1859) 58 (*A. sativa* auct. plur.; *A. sativa* [subsp.] A. *A. diffusa* A. et G. Syn. II. 1. 234 [1899]; *A. sativa* α) panicula aequali patente Trin. Gram. Suppl. [1835?] 23 in Mém. Acad. sc. Pétersb. 6ᵉ sér. [sc. math. phys. et nat.] IV. 2. [1838] Bot.; *A. sativa patula* Alef. Landw. Fl. (1866) 320; *A. sativa* [Gruppe] A *patula* var. 1—13 Körnicke in Körn. et Werner Handb. d. Getreidebaus I. [1885] 207, 208—11; *A. sativa* subsp. *patula* Werner in Körn. et W. l. c. II. [1885] 681; *A. sativa* α *typica* G. Beck Fl. Nied.-Österr. I. [1890] 75 [non Fiori & Paoletti 1896]). — Blütenstand allseitswendig, ausgebreitet. Die häufigste Form.

Var. β ***contracta*** Neilr. Fl. Nied.-Österr. (1859) 58 (*A. orientalis* Schreber Spicil. fl. Lips. [1771] 52; *A. sativa orientalis* Alef. Landw. Fl. [1866] 321; [1 b.] O. Kuntze Taschenfl. Leipzig (1867) 47; [β] G. Beck Fl. Nied.-Österr. I. [1890] 75; *A. sativa* [Gruppe] B *orientalis* var. 14—18 Körnicke in Körn. et Wern. Handb. d. Getreidebaus I.

---

die Bedürfnisse des Menschen darstellen, gar nicht zu erwarten. Die Angaben älterer Schriftsteller über spontanes Vorkommen des Saathafers beziehen sich, wie Alph. De Candolle (Orig. pl. cult., deutsche Ausg. [1884] 473/74) mit Recht hervorhebt, auf verwilderte Pflanzen oder (wohl in der grossen Mehrzahl der Fälle) auf Wildhafer-Arten.

[1]) Sehr bezeichnenderweise gedeiht dagegen *A. sativa* gut in der algerischen Steppenzone, wo auch die wilde *A. fatua* autochthon vorkommt (Trabut l. c. 1910 p. 362).

[2]) Die auch von Körnicke (l. c. p. 205) reproduzierte Angabe von St. Hilaire (1822), *A. sativa* sei um Montevideo so massenhaft verwildert, als ob sie gesät wäre, beruht sicherlich auf Verwechslung mit den dort eingebürgerten 3 Wildhafer-Arten. Schon Kunth (Enum. pl. I. [1833] 302) gibt von Montevideo *A. hirsuta* (= *barbata*) an.

[1885] 207, 212—13; *A. sativa* subsp. *orientalis* L.» Werner in Körn. et W. l. c. II. [1885] 730; Husnot Gram. II. [1897] 38; [subsp.] B. *A. orientalis* A. et G. Syn. II. 1. 235 [1899]; *A. sativa α typica* b *orientalis* Fiori et Paoletti Fl. anal. Ital. I. [1896] 72; *A. tartarica*[1]) Arduino in Saggi Accad. Padova II. [1789] 101 et t. 1 teste cl. P. A. Saccardo in litt.; *A. heteromalla* Mönch Meth. [1794] 195; *A. racemosa* Thuill. Fl. Paris ed. 2. [1799] 44; *A. unilateralis* Broussonet ex Rœmer et Schultes Syst. veg. II. [1817] 669; *A. sativa β* panicula contracta, secunda Trinius Gram. Suppl. [1835?] 23 in Mém. l. c. [1838][2]); *A. fatua* h. *sativa secunda* Hausskn. l. c. 1885 p. 239). — Blütenstand einseitswendig, zusammengezogen. Seltener als die var. *diffusa*. — Über den systematischen Wert dieser Form gehen die Ansichten der Autoren weit auseinander; vergl. oben S. 299—301. Ich schliesse mich aus den bereits auseinandergesetzten Gründen der Auffassung an, dass *A. sativa* s. str. und *A. orientalis* als Varietäten eines und desselben Typus zu betrachten sind.

Als dritte Varietät der *A. sativa* gliedere ich hier noch an:

Var. γ ***subuniflora*** (Trabut) Thell. (*A. fatua subuniflora* Trabut! in Bull. agric. Algér. Tunis. 16e année [1910] No. 15 p. 360 cum ic.). Ährchen klein, Blüten schlank; Artikulation rudimentär, wie bei *A. sativa*, aber untere Blüte mit kräftiger, stark geknieter und im unteren Teil gedrehter Granne (im Gegensatz zu den kultivierten Varietäten) und mit langborstigem Callus (ähnlich *A. fatua* var. *glabrata*); zweite Blüte beträchtlich kleiner, wehrlos, von der ersten durch ein etwas behaartes, verlängertes Achsenstück getrennt. — Algerien: Plateau des Sersou (1500 m), von Trabut entdeckt.[3]) Die Pflanze macht durchaus den Eindruck einer verwilderten *A. sativa* (die Artikulationsstelle ist unter beiden Blüten angedeutet, aber funktionslos geworden), die bei der Rückkehr auf einen natürlichen Standort zuerst wieder die typische Granne der Wildformen regeneriert hat, und ich würde sie auch ohne weiteres als solche auffassen, wenn nicht Prof. Trabut ihr anscheinend vollkommen spontanes Vorkommen hervorhöbe, und auch der Umstand, dass nach Trabut (briefl.) in Algerien bis jetzt keine von *A. fatua* abstammende *Sativa*-Form kultiviert wurde, dagegen spräche. Bemerkenswert ist immerhin der berberische Name «Zekkoum» (Alph. De Candolle Orig. pl. cult., deutsche Ausg.

---

[1]) Und nicht, wie Ascherson u. Graebner (Syn. II. 1. 235 [1899]) irrig zitieren, «*A. sativa Tartarica*».

[2]) *A. sativa* «var. *β orientalis* (Trin. Gram. Suppl. 23)», wie Stapf in Thiselton-Dyer Fl. Kap. VII. 3. (1899) 478 zitiert, existiert nicht!

[3]) Eine ganz ähnliche Form, nur mit etwas stärker entwickelter zweiter Blüte, fand sich 1911 im Güterbahnhof Zürich (Thellung).

[1884| 473), der vielleicht eine sonst durch nichts nachgewiesene alte Haferkultur in Nordafrika vermuten lässt; sollten vielleicht die Berberstämme vorübergehend die in der Plateau- und Steppenzone Algeriens einheimische *A. fatua* angebaut und dann die Kultur wieder aufgegeben haben, so dass wir jetzt nur noch deren Reste vor uns sehen würden?

Bei *A. fatua* bringe ich noch mit einigen Zweifeln unter die Unterart:

Subsp. (?) III. ***nuda*** (L.) Thell. (*A. nuda* L. Diss. Dem. pl. [1753] p. ?, Amœn. acad. III. [1756] 410; *A. sativa nuda* Alef. Landw. Fl. [1866] 322; *A. sativa* subsp. *nuda* Gillet et Magne Nouv. Fl. franç. ed. 3. (1873) 532; «Alef.» Werner in Körnicke et Werner Handb. d. Getreidebaus II. [1885] 735; [ssp.] E. *A. nuda* A. et G. Syn. II. 1. 237 [1899]; *A. sativa* [Gruppe] II. Nackthafer var. 25—29 Körnicke in K. et Werner l. c. I. [1885] 208, 216—20; *A. strigosa* var. *A. nuda* Hausskn. l. c. 1894 p. 45; *A. sativa α typica* c. *nuda* Fiori et Paoletti Fl. anal. Ital. I. 1. [1896] 72). — Glieder der Ährchenspindel zwischen den einzelnen Blüten (doch nicht unter der untersten Blüte!) stark verlängert, schlank, wenigstens die zweite und die dritte Blüte daher die Hüllspelze deutlich überragend; Deckspelzen wie vergrünt, von häutiger (nicht lederig verhärteter) Konsistenz (wie bei den übrigen Arten die Hüllspelzen), die Frucht nur lose einhüllend; Artikulation unter den Blüten völlig geschwunden; bei gewaltsamer Abtrennung derselben reisst die zarte Deckspelze am Grunde ab und lässt die freie Karyopse ausfallen, während die dünne, aber zähe Ährchenspindel als Ganzes stehen bleibt. — In Kultur in Europa und Asien, namentlich in China (seit mehr als 1000 Jahren bekannt). — Wie wir bereits gesehen haben (vergl. oben S. 303/4), ist die Abstammung des Nackthafers ganz unsicher, da die systematisch wichtigsten Merkmale, nämlich die Artikulationsstelle der Blüten und die Spitze der Deckspelze, gegenüber der Stammform stark verändert sind. Haussknecht leitet (l. c. 1894 p. 43) *A. nuda* von *A. strigosa*[1]) ab, doch soll die var. *chinensis* Fischer (in Römer et Schultes Syst. II [1817] 669) nach Haussknecht[2]) von *A. sterilis* abstammen (= *A. sterilis* var. *degenerans* Hausskn. l. c. 1894 p. 40, 44). Die Gründe, die mich eher an eine Abstammung der *A. nuda* von *A. fatua* (direkt oder auf dem Umweg über *A. sativa*) denken lassen, habe ich bereits (S. 303/4) auseinandergesetzt; immerhin musste ich dabei die Möglichkeit offen lassen, dass *A. nuda* vielleicht ein Konglomerat aus Konver-

[1]) Gegen diese Ableitung spricht auch die (im Gegensatz zu den von *A. barbata* abstammenden Kulturrassen) sitzende untere Blüte der *A. nuda*.

[2]) Auch Trabut (l. c. 1910 p. 363) schliesst sich dieser Auffassung an.

genzformen verschiedenen Ursprungs darstellt, deren wissenschaftliche Analyse unmöglich scheint.

An *A. fatua* schliesst sich noch an der Bastard: ***A. fatua* × *sterilis* = *A. euhybrida*** Haussku. l. c. 1899 p. 44, 45. Diese Deutung gibt Haussknecht — wohl mit Recht — gewissen in Aegypten beobachteten, ausgesprochenen Übergangsformen zwischen den beiden genannten Arten. Die gleiche Kreuzung könnte selbstredend auch anderwärts auftreten.

Anmerkung. Ausserdem werden in der Literatur folgende zweifelhafte Bastarde namhaft gemacht:

1. ***A. fatua* × *sativa*** O. Kuntze, Hausskn., A. et G., Zade (vergl. S. 323/4). Nach der spätern Auffassung Haussknechts selbst, der ich mich vollkommen anschliesse, handelt es sich in der grossen Mehrzahl der Fälle um nicht-hybride phylogenetische (übrigens vollkommen fruchtbare!) Übergangsformen. *A. sativa* var. *setosa* Körn. in Körn. u. Werner Handb. d. Getreidebaus I. (1885) 207, 211, die nach der Diagnose zu *A. fatua* var. *transiens* Hausskn. (1885, prius!) zu gehören scheint, wäre nach Körnicke l. c. wohl aus der Kreuzung von *A. sativa* var. *brunnea* Körn. Syst. Übers. Landw. Cer. Poppelsdorf (1873) 17 mit *A. fatua* entstanden. — Als *A. fatua* × *orientalis* deuteten Ascherson und Haussknecht früher die *A. hybrida* Peterm. (vergl. S. 323, Fussnote).

2. ***A. fatua* × *strigosa*.** Zu dieser Bartardkombination gehören nach Schur (Enum. pl. Transsilv. [1866] 67: «*A. fatua* a. *Pseudo-fatua* = *A. strigoso-fatua*) und Ascherson u. Graebner (Syn. II. 239 [1899]) vielleicht gewisse Formen von *A. fatua* var. *glabrata* Peterm. Da mir derartige Formen, die an den Seitenspitzen der Deckspelzen nach der Angabe von A. u. G. kurze Grannenspitzen tragen, bis jetzt nicht vorgekommen sind, kann ich mir über dieselben kein Urteil erlauben.

3. ***A. orientalis* × *sativa*** wurde von mehreren Forschern künstlich erzeugt; vergl. oben S. 300. Dieser „Bastard" stellt für mich einen Rassenmischling dar.

4. ***A. sativa* × *strigosa*.** Dieser Kreuzung entspricht nach E. H. L. Krause („Schwarzer Hafer und Flughafer", Naturw. Wochenschr. N. F. X. [1911] No. 16 p. 249) vielleicht der sog. schwarzkörnige Hafer (*A. nigra* C. Bauhin 1596 ? [non 1658!], J. Bauhin 1651; *A. sativa* L. Spec. pl. [1753] 80 excl. var. β, item Gmelin Fl. Bad. Als. I. [1805] 253; *A. sativa* C. *glumella nigra, aristata* Metzger Europ. Cerealien [1824] 51 sec. E. H. L. Krause in litt.; *A. sativa* var. *nigra* Krause Getr. Heft 7 [1835—37] 15 t. 6 B; Kirschl. Fl. d'Als. II. [1857] 309; *Graminastrum dubium nigravena* E. H. L. Krause l. c. [1911]). Der Schwarzhafer unterscheidet sich von dem gewöhnlichen, hellspelzigen Saathafer nicht nur durch die schwärzlichen Deckspelzen, sondern auch durch schlankere, weniger bauchige Hüllspelzen, schlankere Scheinfrüchte, oft etwas borstlich behaarte Ährchenachse und stärker und gleichmässiger behaarte Karyopsen. Alle diese Merkmale scheinen mir die Var. *nigra* ebenso sehr der *A. fatua* wie der *A. strigosa* zu nähern, so dass es, wie E. H. L. Krause selbst (l. c. 1911, 248 not. 1) andeutet, naheliegt, den schwarzkörnigen Hafer als die phylogenetisch ältere, der Stammform (*A. fatua*) näher stehende Abart aufzufassen. Bemerkenswert ist noch, dass, wie aus der angegebenen Synonymie ersichtlich, Linné (l. c.) die ihm offenbar aus Holland — von wo auch ich durch die Vermittlung meines Freundes Dr. H. Brockmann-Jerosch in Zürich Material von schwarzem Hafer erhielt — bekannte *A. nigra* C. Bauhin als den Typus seiner *A. sativa* auffasste, während er die *A. alba* C. Bauhin als var. β davon abtrennte. — Über *A. nigra* auct. veter. vergl. auch unten S. 345; wenigstens die Pflanze J. Bauhin's (1651) scheint nichts anderes als eine schwarzspelzige *A. sativa* zu sein; ebenso wohl auch *A. sylvestris seu nigra* Thal Sylva Hercynica (1588) 17 („cujus grana paulo longiora crassioraque sunt avenae sativae, ac ex rubro nigricantia". zitiert nach E. H. L. Krause l. c. 250).

3. ***A. strigosa*** Schreber Spicil. fl. Lips (1771) 52 sens. ampl. — Wildformen mit sehr steil gestellter, länglicher Abgliederungsfläche; Kulturformen mit kleiner, schief gestellter Desartikulationsfläche, die nicht mehr funktioniert; vielmehr erfogt die gewaltsame Ablösung der Blüten durch einen ± unregelmässig verlaufenden Querbruch (mit gezackten Rändern) in der Höhe der Artikulation. Ferner ist bei den typisch entwickelten Kulturpflanzen (noch nicht bei *A. abyssinica* var. *pilosiuscula*!) das Glied der Ährchenachse unter der untersten Blüte verlängert, so dass diese über den Hüllspelzen gestielt erscheint. Deckspelze an der Spitze stets mit 2 (an den Kulturrassen *brevis* und *abyssinica* ± verkürzten) Grannenspitzen, die bei *A. Wiestii* und *abyssinica* aussen am Grunde je von einem deutlichen Sekundärzähnchen begleitet sind. In dieser Umgrenzung umfasst *A. strigosa* folgende Wild- und Kulturformen:

Subsp. I. ***barbata*** (Pott) Thell. (*A. barbata* Pott ex Link in Schrader Journ. Bot. II. [1799] 315![1]) testibus Rœmer et Schultes Syst. II. [1817] 670 et Trin. Gram. Suppl. [1835 ?] 25 in Mém. Acad. Pétersb. 6e sér. sc. math. phys. nat. IV. 2. [1838] Bot.; Brot. Fl. Lusit I. [1804] 108; Haussknecht l. c. 1894 p. 40, 45; *A. sterilis* subsp. *barbata* Gillet et Magne Nouv. Fl. franç. ed. 3. [1873] 532; *A. hirsuta* Mönch Meth. Suppl. [1802] 64![2]); Roth Catal. bot. III. [1806] 19; *A. fatua γ hirsuta* (Mönch) Fiori et Paoletti Fl. anal. Ital. I. 1. [1896] 72 [non Neilr.]; *A. atherantha* Presl Cyp. et Gram. Sic. [1820] 30, non herb.[3]); *A. strigosa* [non Schreb.] Sm. Fl. Brit. III [1804] 1390 ex descr.!; Laterr. Fl. Bordel. sec. Durieu in Act. Soc. Linn. Bordeaux XX. [1855] 32). — Enthält Wildformen mit schiefer, schmaler, gut funktionierender Abgliederungsfläche und ungestielter unterster Blüte; bei festsitzenden Blüten ist die Deckspelze zottig behaart. Grannenspitzen der Deckspelzen aussen am Grunde von einem sehr dünnen Stachelspitzchen (Endigung des nächsten Seitennervs) begleitet oder auch ohne solches. — Mittelmeergebiet (östlich bis Transkaukasien und Babylonien), atlantische Küste Westeuropas bis zur Bretagne, nordatlantische Inseln[4]); scheint ein atlantisches Klima zu bevorzugen. Verschleppt in Belgien[5]) und Deutschland,

---

[1]) *A. barbata* Pott. (1799) wird in der neueren floristischen Literatur allgemein übergangen; das obige Zitat findet sich indessen richtig im Index Kewensis.

[2]) Auch dieser Name fehlt (mit Ausnahme des Werkes von Fiori & Paoletti) in der floristischen Literatur, weshalb der *A. hirsuta* allgemein der Autorname Roth beigegeben wird. Glücklicherweise kann der fast überall gebrauchte Name *A. barbata* (mit dem Autor Pott!) beibehalten werden.

[3]) Nach Willkomm (Österr. bot. Zeitschr. XL. [1890] 147) gehört *A. aterantha* [sic] Presl herb. zu *A. sterilis* var. *maxima*.

[4]) Ob in England? Vergl. S. 340, Fussnote.

[5]) Lejeune et Courtois (Comp. fl. Belg. I. [1828] 72) führen *A. hirsuta* Roth als belgische Pflanze auf, ohne Zweifel über ihr Indigenat zu äussern.

ferner in Süd-Afrika und in Amerika von Mexiko bis Argentinien (z. B. Rancagua in Chile, Bertero! in herb. Montpell., Montevideo![1]); in den Campos von Uruguay eingebürgert nach Arechavaleta Las Gram. Urug. (1898) 361. — Bemerkenswerte Abart:

Var. ***solida*** Hausskn. l. c. 1894 p. 41 (cf. 1885 p. 240) (*A. fatua γ hirsuta* c. *solida* Fiori Fl. anal. Ital. IV. 1. (App.) [1907] 19). Blüten behaart, aber nicht artikuliert; Callus undeutlich. Nach Haussknecht bei Genua, Venedig, Eleusis in Attika und am Sinai beobachtet.

Subsp. II. ***strigosa*** (Schreber) Thell. (*A. strigosa* Schreber l. c. sens. strict. et Beschr. d. Gräser II. 123 t. XLVI! [1810]; *Danthonia strigosa* Pal. Agrost. [1812] 160; *A. sativa* 20. var. *strigosa* Körnicke in Körn. et Werner Handb. d. Getreidebaus I. [1885] 208, 214; (γ) Fiori et Paoletti Fl. anal. Ital. I. 1. [1896] 72; *A. sativa* [ssp.] C. *A. strigosa* A. et G. Syn. II. 1. 236 [1899]; *Graminastrum strigosum* E. H. L. Krause in Naturw. Wochenschr. XXVI. [N. F. X.] [1911] 249; *A. hispanica* Ard. in Saggi sc. lett. Acad. Padova II. [1789] 112[2]); *A. fusca* [sphalm.?] Ard. ibid. t. 4[2]); *A. nervosa* Lam. Ill. I. [1791] 201 n. 1115 ex p. [excl. syn. Leers.!]; Poiret Encycl. Suppl. I. [1810] 542; *A. agraria* Brot. Fl. Lusit. I. [1804] 105; *A. subspontanea* Körnicke ex Werner in K. et W. Handbuch d. Getreidebaus II. [1885] 738 [= *A. brevis* + *A. strigosa*]). — Ist Kulturform der subsp. *barbata*: Blüten kahl, sämtlich gestielt; Artikulation rudimentär; Spitze der Deckspelze (beim Typus der Unterart) wie bei der Wildform[3]). — Kultiviert besonders in West-Europa (von Portugal und Spanien[4]) über West- und Mittel-Frankreich, Belgien und Grossbritannien bis zu den Shetland- und Orkney-Inseln), sowie (selten) im westlichen Deutschland, entsprechend der offenbar von der Wildform überkommenen Vorliebe für Gebiete mit atlantischem Klima; als Ackerunkraut ausserdem in Mittel- und Nordeuropa; angeblich

---

[1]) *A. hirsuta* Roth wird schon von Kunth (Enum pl. I. [1833] 302) von Montevideo angegeben.

[2]) Die Zugehörigkeit der *A. hispanica (fusca)* Ard. zu *A. strigosa* scheint mir nach der mir von Prof. P. A. Saccardo in Padua freundlichst mitgeteilten Diagnose („. . . gluma exteriore biaristata") und den angeführten Bemerkungen (Vergleich mit *A. Loeflingiana*) nicht sicher festzustehen; leider konnte ich mir die Abbildung nicht verschaffen.

[3]) Dass bei *A. strigosa* die 2 Spitzen der Deckspelzen zuweilen aussen am Grunde von einem kurzen sekundären Grannenspitzchen begleitet sind, finde ich in der floristisch-systematischen Literatur einzig von Spenner (Fl. Friburg. I. [1825] 107) erwähnt: „Gluma inferior apice in lacinias 2 subulatas 2-dentatas fissa; dente uno brevissime, altero longissime aristato".

[4]) Nach Körnicke in Körn. u. Werner Handbuch d. Getreidebaus I. (1885) 215. *A. strigosa* fehlt merkwürdigerweise in Willkomm u. Lange's Prodromus florae Hispanicae (1861—93)! Auf das Vorkommen dieser Art in Spanien deutet jedoch schon der Name *A. hispanica* Ard. (1789) hin.

auch in Russland und Transkaukasien[1]); im übrigen Europa zuweilen verschleppt (z. B. im Hafen von Triest: Pospichal Fl. d. Österr. Küstenl. I. [1897] 84); ebenso nach Cheeseman Man. N. Zealand Fl. (1906) 1091 in Neuseeland («cultivated fields, not common»)[2]). — Hausskn echt (l. c. 1885 p. 240, 1894 p. 43) erklärt *A. strigosa* für einen selbständigen, in Europa heimischen Typus; die Pflanze kommt jedoch meines Wissens nirgends in natürlichen Pflanzenformationen vor, und es liegt daher nahe, anzunehmen, dass sie auf Kulturland durch die unbewusste Selektion durch den Menschen (vergl. oben S. 301) aus *A. barbata* hervorgegangen ist. — An *A. strigosa* schliesst sich als Rasse an:

Prol. ***brevis***[3]) (Roth) Hausskn. l. c. 1894 p. 45 («var. *A. brevis*») (*A. brevis* Roth Bot. Abh. Beob. [1787] 42; *A. sativa* 19. var. *brevis* Körnicke in Körn. et Werner Handb. d. Getreidebaus I. [1885] 207, 213; (β) Fiori et Paoletti Fl. anal. Ital. I. 1. [1896] 72; *A. strigosa* subsp. *A. brevis* Husnot Gram. II. (1897) 38; *A. sativa* [ssp.] D. *A. brevis* A. et G. Syn. II. 1. 237 [1899]; *A. agraria mutica* Brot. Fl. Lusit. I. [1804] 106; *A. strigosa* var. *abbreviata* («Kulturform») Hausskn. l. c. 1894 p. 44). — Blüten länglich, stumpf (bei der typischen *A. strigosa* lanzettlich, nach der Spitze verschmälert); Deckspelzen stumpf, nach oben breiter, in 2 ziemlich kurze Stachelspitzen endigend. — Angebaut in Portugal, Spanien (Galizien nach Willkomm u. Lange Prodr. fl. Hisp. I. 1. [1861] 67), Frankreich, Nordwest-Deutschland; als Ackerunkraut z. B. auch in den Ardennen (Lejeune et Courtois Comp. fl. Belg. I. [1828] 73); die übrigen Angaben sind irrtümlich oder zweifelhaft. — Über die spezifische Verschiedenheit der *A. brevis* gegenüber *A. strigosa* sind schon mehrfach Zweifel ausgesprochen worden; Brotero (l. c. 1804) und Lejeune (Rev. fl. Spa [1824] nach Lej. et Court. Comp. fl. Belg. I. [1828] 73) fassen sie als Varietät der *A. strigosa* auf; Körnicke (l. c. 1885) behandelt beide Arten als koordinierte Varietäten der *A. sativa*, während Werner (l. c. 1885) sie als *A. subspontanea* Kcke. zusammenfasst; auch Ascherson u. Graebner (l. c. 1899) und Coste (Fl. descr. ill. France III. 6. [1906] 592) betonen ihre sehr nahe Verwandtschaft. Husnot (Gram. II. [1897]) beschreibt (p. 39) und bildet (auf T. XIII, *A. brevis* fig. 4, 5 !)

[1]) Wiesen am kaspischen Meer nach C. A. Meyer Verz. Pfl. Caucas. (1831) 16 (??).

[2]) Der englische Name „Hairy Oat“, den Cheeseman der *A. strigosa* beilegt, lässt Zweifel darüber aufkommen, ob dieser Autor nicht vielmehr *A. barbata* im Auge gehabt hat; die Angabe der Verbreitung (Europa und Asien) liesse auf *A. fatua* schliessen, welch letztere Art jedoch noch besonders aufgeführt wird.

[3]) Ich glaube nach dem Wortlaut des Art. 49 der Wiener Regeln bei der Erniedrigung der *A. brevis* Roth zu einer Rasse von *A. strigosa* den so bezeichnenden und bekannten Roth'schen Namen unter Übergehung von *A. agraria mutica* Brot. beibehalten zu dürfen.

eine Übergangsform von *A. brevis* zu *A. strigosa* ab. Immerhin scheint mir *A. brevis* von *A. strigosa* doch stärker verschieden als *A. orientalis* von *A. sativa*, so dass ihre Auffassung als Rasse der *A. strigosa* am richtigsten sein dürfte. (Über die Cosson-Müller'sche Hypothese der Abstammung der *A. brevis* von *A. uniflora* Parl. vergleiche oben S. 302).

Subsp. III. ***Wiestii*** (Steudel) Thell. (*A. Wiestii* Steudel Syn. Gram. [1855] 231; Hausskn. l. c. 1894 p. 41—42; *A. barbata* var. *Wiestii* Hausskn. l. c. 1894 p. 45; *A. barbata* prol. vel. subsp. *A. Wiestii* A. et G. Syn. II. 1. 242 [1899]; cf. Hausskn. l. c. 1894 p. 41—42, 1899 p. 48; *A. fatua* γ *hirsuta* e. *Wiestii* Fiori Fl. anal. Ital. IV. 1. App. [1907] 19; *A. barbata* var. B *fuscescens* Batt. et Trab. Fl. d'Alger Monocot. [1884] 62 ex p. [quoad pl. sahariensem, excl. syn. var. minor Lange et var. triflora Willk. [1]]; *A. barbata* var. *minor* Batt. et Trab. sec. Hausskn. l. c. 1894 p. 49 [quoad specim. sahariensia distributa, teste Trabut in litt.] et Fl. Algér. Monocot. [1895] 80 ex p. — non Lange? [1])). — Wildformen; von *A. barbata* verschieden: Hüllspelzen nur 7 nervig; Blüten verkürzt, kurz zugespitzt (statt an der Spitze lang verschmälert), die Nerven der Deckspelze an der Spitze ziemlich weit von einander entfernt, der an die Grannenspitzen nach aussen anstossende Nerv daher in ein deutliches Zähnchen auslaufend. —

[1]) Nach Haussknecht (l. c. 1894 p. 42) würden auch *A. barbata* B. *fuscescens* Batt. et Trab. und var. β *triflora* Willk. (in Willk. et Lange Prodr. fl. Hisp. I. 1. [1861] 68) zu *A. Wiestii* gehören, während Ascherson u. Graebner (Syn. II. 1. 241 [1899]) die var. *triflora* zu *A. barbata* b) *Hoppeana* (Scheele) Richter Pl. Europ. I. (1890) 62 (*A. Hoppeana* Scheele in Flora XXVII. 1. [1844] 57; *A. fatua* γ *hirsuta* b. *Hoppeana* Fiori Fl. anal. Ital. IV. 1. App. [1907] 19; *A. barbata* β *minor* Lange Pug. Hisp. in Nat. For. Kiöb. 2. Aart. II. [1860] 39, dies nach Art. 49 der Wiener Regeln der gültige Name) ziehen, *A. Wiestii* dagegen (l. c. p. 242) als besondere Rasse oder Unterart aufführen. Ob und inwieweit diese Pflanzen wirklich verschieden sind, muss durch fernere Studien festgestellt werden; da mir von der var. *minor* keine sicheren Exemplare vorliegen, kann ich mir in dieser Frage kein Urteil erlauben. Nach Ascherson u. Graebner l. c. 241—42 unterscheidet sich die var. *Hoppeana* = *minor* vom Typus (var. α *genuina* Willk. in Willk. et Lange Prodr. fl. Hisp. I. 1. [1861] 68) durch meist weichhaarige oder gewimperte Blätter, kleinere, kaum 1,5 cm lange, meist 3 blütige Ährchen, braune Haare der Deckspelzen und kürzere Grannen; *A. Wiestii* dagegen durch kürzere Ährchen und Deckspelzen und nur 7 nervige Hüllspelzen. Dazu kommt bei *A. Wiestii* noch das von Haussknecht und Ascherson u. Graebner nicht erwähnte Merkmal des Sekundärzähnchens am Grunde der Grannenspitzen der Deckspelzen; ob dasselbe bei der var. *minor* fehlt, kann ich aus dem schon erwähnten Grunde nicht angeben. — *A. barbata* B *fuscescens* Batt. et Trab.! stimmt nach der Originaldiagnose sehr gut mit der var. *minor* Lange, schliesst aber, wie die var. *minor* Batt. et Trab. (1895), auch die von diesen Autoren nicht unterschiedene, im algerischen Wüstengebiet vorkommende *A. Wiestii* ein, wie mir Prof. Trabut (briefl.) bestätigt. — Über die Schwierigkeit der Unterscheidung von *A. barbata* var. *minor* und *A. Wiestii* vergl. auch Murbeck Contrib. fl. Nord-Ouest de l'Afrique [in Act. Univ. Lund.] IV. (1900) 8.

So besonders im Wüstengebiet von Nordafrika und Südwest-Asien[1]) (z. B. häufig in Aegypten!); angeblich nach Haussknecht (l. c. 1899 p. 49) auch in Südwest-Frankreich (Agen)[2]), Majorka, Pantellaria, Griechenland (Pindus), aber wohl meistens mit *A. barbata* var. *minor* Lange verwechselt.[2]) Die spanische *A. hirtula* Lag. (Gen. et spec. nov. [1816] 4!) ist nach Haussknecht (l. c. 1894 p. 42, 1899 p. 48), der authentische Exemplare sah, eine Übergangsform zwischen *A. barbata* und *Wiestii* mit 7—9 nervigen Hüllspelzen (was aus der auf *A. barbata* passenden Diagnose allerdings nicht hervorgeht, jedoch durch alte Herbarexemplare aus Aragonien, die ich sah, bestätigt zu werden scheint[3])). — *A. Wiestii* ändert ab:

Var. β ***pseudo-abyssinica*** Thell. **n. var.**: glumellarum cuspides aristiformes abbreviatae, tantum ± 1 mm longae, *A. abyssinicam* referentes. Grannenspitzen der Deckspelzen verkürzt (nur ± 1 mm lang), Blüten daher an die von *A. abyssinica* erinnernd; die Pflanze ist aber ein typischer Wildhafer mit behaarten und gegliederten Blüten[4]). — Abessinien: Urahut, 1863, Schimper als *A. abyssinica* (Herb. Univ. Zürich); angenähert auch: Schimper sect. III. n. 1877 (Un. itin. 1844).

Var. γ ***glabra*** Hausskn. l. c. 1899 p. 49 (? ? *A. abyssinica* var. *granulata* Chiovenda in Anno VIII dell' Ann. R. Ist. Bot. di Roma [1908] 343[5])): Blüten kahl, aber normal artikuliert.

Var. δ ***intercedens*** Thell. **n. var.**: flores glabri (excepta corona basilari pilorum et nonnullis pilis ad insertionem aristae), minus perfecte articulati, tarde et imperfecte decidui. Deckspelzen, abgesehen von dem basilären, ziemlich kurzen Haarkranz und einigen Haaren an der Insertion der Granne, kahl; Artikulationsfläche zwar schief und deutlich, aber kleiner als beim Typus und schwächer wulstig umrandet, Blüten daher weniger rasch und nicht vollzählig ausfallend.

---

[1]) Auch Konstantinopel nach Aznavour in Mag. Bot. Lapok X. (1911) 15.

[2]) Das Exsikkatum Billot Fl. Gall. Germ. exs. n. 882 von Agen (Lot-et-Garonne) leg. O. Debaux 1851 („*A. hirsuta* Roth") halte ich durchaus für *A. barbata* var. *minor*. Übrigens ist das Vorkommen der spezifischen Wüstenrasse *Wiestii* in dem ozeanischen Südwest-Frankreich sehr unwahrscheinlich; viel eher wäre es im zentralen Spanien (dank seinem kontinentalen Klima) zu erwarten, wo es indessen nur zur Ausbildung der zwischen *A. barbata* und *A. Wiestii* stehenden Übergangsform *hirtula* Lag. gekommen zu sein scheint.

[3]) Willkomm u. Lange (Prodr. fl. Hisp. I. 1. [1861] 68) ziehen *A. hirtula* Lag. als Form mit pubeszierenden Laubblättern zu *A. barbata* α *genuina* Willk.

[4]) Von der habituell sehr ähnlichen *A. fatua* unterscheidet sich diese Varietät durch die, wenngleich verkürzten, doch noch deutlich entwickelten, mit Seitenzähnchen versehenen Grannenspitzen der Deckspelzen und die sehr schiefe und schmale Artikulationsfläche.

[5]) S. Fussnote 2 auf S. 336.

— Algier, unter kultivierter *A. abyssinica* 1911, Trabut! Diese Form ist analog der *A. fatua* var. *intermixta* Thell. und steht der *A. abyssinica* var. *pilosiuscula* sehr nahe, von welch letzterer sie sich nur durch die schiefe Artikulationsfläche unterscheidet; ob vielleicht lediglich ein vorgeschrittenes Reifestadium derselben?

Var. ε ***solidiflora*** Thell. **nom nov.** [1]) (var. *solida* Hausskn. l. c. 1894 p. 42, 1899 p. 49). — Blüten behaart, aber festsitzend oder nur die untere sich ablösend. So z. B. in der Cyrenaica (Benghasi, nach Haussknecht).

Subsp. IV. ***abyssinica*** [2]) (Hochst.) Thell. (*A. abyssinica* Hochst.! ex A. Rich. Tent. fl. Abyss. II. [1853] 415 [«palea exteriore nuda glabra apice bifida»] et ex Steudel Syn. Gram. [1855] 230 [«glumis superantibus flosculos glabros basi vix pilis rigidis brevibus apicem versus margine et ad insertionem aristae pilis sparsis raris munitis [sic]»]; *A. sativa* var. 21—24 Körnicke in Körn. et Werner Handb. d. Getreidebaus I. [1885] 208, 215—16; *A. sativa* var. *abyssinica* Engler Hochgebirgsfl. trop. Afr. [1892] 129; Schweinfurth in Bull. Herb. Boiss. II. [1894] App. 2. p. 31; cf. A. Rich. l. c. [1853] p. 416 Obs.; *A. strigosa* var. *A. Abyssinica* Hausskn. l. c. 1894 p. 45; *A. Wiestii* var. *solida glabra* Hausskn. l. c. 1899 p. 51). — Pflanzen vom Typus der Saathafer-Arten: Blüten spärlich behaart bis kahl, Artikulationsfläche klein, rundlich, wenig schief. Deckspelzen (im Gegensatz zu *A. strigosa*) an der Spitze 4zähnig, d. h. die — wie bei *A. brevis* auf 1—2 mm verkürzten — terminalen Grannenspitzen sind auf der äussern Seite (wie bei *A. Wiestii*) von einem deutlichen, kurzen Zähnchen begleitet. — So als Unkraut des Kulturlandes (z. B. in Gerste- und Luzernefeldern) und auch als

---

[1]) Der Name var. *solida* Hausskn. kann nach Art. 29 der Wiener Regeln nicht beibehalten werden wegen der Existenz einer homonymen Varietät in der Subspezies *barbata*.

[2]) Damit, dass ich *A. barbata, strigosa, Wiestii* und *abyssinica* als koordinierte Subspezies des Sammeltypus *A. strigosa* auffasse, nehme ich hinsichtlich der Systematik dieser Gruppe einen vermittelnden Standpunkt ein; die Frage, ob *A. abyssinica* mit *strigosa* oder *Wiestii* näher verwandt ist (vergl. oben S. 308/9), wird dabei offen gelassen. Je nachdem man nun *A. Wiestii* als eigene Art oder als Rasse der *A. barbata* von geringem systematischem Wert auffasst, kommt man zu einem der beiden folgenden Extreme der systematischen Darstellung:

1. *A. abyssinica* Hochst. (1853) sens. ampl.
   subsp. I. *Wiestii* (Steudel 1855 pro spec.);
   subsp. II. *abyssinica* (Hochst.).
2. *A. strigosa* Schreb. sens. ampl.
   subsp. I. *barbata* (Pott)
      prol. *Wiestii* (Steudel) A. et G.;
   subsp. II. *strigosa* (Schreber sens. strict.)
      prol. *abyssinica* (Hochst.).

Futterpflanze [nicht als Körnerfrucht!] angebaut (Trabut br.) in Abessinien und Jemen. Wird von Haussknecht (l. c. 1899 p. 50) wohl mit Recht als Kulturrasse der *A. Wiestii* aufgefasst[1]). — Zerfällt in zwei Abarten[2]):

Var. α ***pilosiuscula*** Thell. **n. var.**; cf. Hausskn. l. c. 1899 p. 50 (*A. abyssinica* Hochst. ex Steudel l. c.). — Flos infimus non stipitatus; flores basi corona pilorum cincti et ad insertionem aristae subpilosi; pedicellus floris secundi breviter et molliter pilosus; articulatio subdistincta, flores partim decidui. Unterste Blüte ungestielt; Blüten am Grunde von einem Haarkranz umgeben, auch die Deckspelzen an der Einfügungsstelle der Granne etwas behaart; Stielchen der zweiten Blüte kurz weichhaarig; Artikulationsstelle noch ziemlich scharf umschrieben, die Blüten lassen sich daher teilweise noch ablösen. Mit Rücksicht auf diesen letztern Umstand könnte die Pflanze fast mit gleichem Recht zur subsp. *Wiestii* gestellt werden (umsomehr, da sie vielleicht von deren var. *intercedens* nicht deutlich verschieden ist); sie stellt eben einen ausgesprochenen Übergang vom Wildhafer- zum Saathafer-Typus dar. — Hieher gehört z. B.: Schimper It. Abyss. sect. II. n. 950 (« *A. sterilis* »), inter segetes Adoae (Un. itin. 1842).

Var. β ***glaberrima*** Chiovenda! in Anno VIII dell' Ann. R. Ist. Bot. di Roma (1908) 343 (« forma »); cf. Hausskn. l. c. 1899 p. 50 (*A. abyssinica* Hochst. ex A. Rich. l. c.). — Unterste Blüte (wie bei *A. strigosa*) über den Hüllspelzen schlank gestielt; Deckspelzen meist ganz kahl, nur der Callus kurz behaart; Stielchen der zweiten Blüte nur im obern Teil bärtig; Artikulation mit Parenchymgewebe erfüllt, die Blüten daher festsitzend und nur durch Gewalt

---

[1]) Früher (l. c. 1894 p. 44/45) hielt Haussknecht *A. abyssinica* für eine der *A. strigosa* nahestehende Form (Übergang zu *A. brevis*).

[2]) Die von Körnicke l. c. (1885) lediglich auf die Farbe der Scheinfrüchte begründeten vier Varietäten fallen für unsere Zwecke ausser Betracht. — Unklar ist mir die var. *granulata* Chiovenda in Anno VIII dell' Ann. R. Ist. Bot. di Roma (1908) 343, die von ihrem Autor folgendermassen charakterisiert wird: „Gluma III e IV. glaberrime e nella porzione indurita densamente e minutamente granulato-scabre, callo con peli densissimi, uguaglianti 1/3—1/2 della gluma; glume all' apice meno attenuate e meno profondamente bifide. — Amasen: Monti Lesa (Poppi n. 4901). — Questa varietà fa avvicinare la *A. abyssinica* piottusto all' *A. fatua* che non all' *A. sativa*.“ Die lange Behaarung des Callus und die Granulierung der Deckspelzen lässt eher an einen Wildhafer als an eine Kulturform denken; sollte es sich vielleicht um eine Form der *A. Wiestii* var. *glabra* Hausskn. (s. o.) mit etwas kürzern Grannenspitzen (ähnlich der var. *pseudo-abyssinica* Thell.) handeln? Ohne Kenntnis des Artikulationsmodus der fraglichen Pflanze ist eine sichere Entscheidung natürlich unmöglich. Aus der gleichen Gegend (Amasen) gibt Chiovenda (l. c. [1908] 342) auch *A. barbata* an; ob diese Pflanze nicht eher zu *A. Wiestii* gehört?

vermittelst unregelmässigen Querbruchs der Achse in der Höhe der Artikulation sich ablösend; unterer Teil der Granne oft nur schwach gedreht. — Hieher (nach Haussknecht l. c.): Schimper Exsicc. n. 1877 (von mir nicht gesehen); ferner: Col. Eritrea: Medri od Tesfà: Adi Ghebsus, 1905—06, leg. A. Poppi n. 6541, 7251[1]) (*A. abyssinica* f. *glaberrima* Chiov., det. Chiovenda; Herb. Univ. Zürich). — Mit dieser Varietät hat auch der Formenkreis der *A. abyssinica* (inkl. *A. Wiestii*) die Organisationshöhe der Saathafer-Arten voll und ganz erreicht; es steht zu erwarten, dass der abessinische Hafer, als Abkömmling der Wüstenpflanze *A. Wiestii,* in sehr trockenen Gebieten der Erde mit wüstenartigem Klima als Kulturpflanze eine wichtige Rolle zu spielen berufen ist.

Kulturhistorisches.

Die oben gewonnenen Resultate betreffend die Abstammung der Saathafer-Arten können nicht ohne Einfluss auf unsere Anschauungen über die Kulturgeschichte des Hafers bleiben. Bei allen Betrachtungen dieser Art müssen wir im Auge behalten, dass der „Saathafer" im landläufigen Sinne keine systematische Einheit, sondern ein Gemenge aus mehreren heterogenen Formen darstellt, dass also in den Berichten alter Schriftsteller „Hafer" unter Umständen recht Verschiedenes bezeichnen kann. Praktisch wird es natürlich unmöglich sein, bei historischen Forschungen die verschiedenen Arten des Saathafers mit Sicherheit auseinanderzuhalten — müssen wir doch schon zufrieden sein, wenn wir nach den dürftigen Beschreibungen mit Gewissheit eruieren können, ob in einer Nachricht aus dem Altertum von einem Wild- oder einem Saathafer die Rede ist —; immerhin dürfte es nicht unangebracht sein, über die spezifische Zugehörigkeit der antiken Haferarten wenigstens einige Vermutungen, die sich hauptsächlich auf pflanzengeographische Überlegungen stützen, zu äussern.

Von den alten Ägyptern und den Hebräern wurde bekanntlich kein Hafer angebaut; auch im Sanskrit und in den neuern Sprachen Indiens ist kein Name dafür bekannt. Wenn wir von einigen allzu unsichern Angaben alter Schriftsteller absehen, so bleiben uns namentlich fünf antike Hafer-Vorkommnisse zu besprechen:

[1]) Weitere Fundorte der var. *glaberrima* in der Colonia Eritrea siehe bei Chiovenda l. c.

1. der Hafer der alten Germanen (und Slaven);
2. der aus Griechenland (und Kleinasien?) nach Süditalien eingeführte Hafer;
3. der Hafer der Pfahlbauer und Kelten;
4. der Hafer der alten Iberer (und Basken);
5. der chinesische Hafer.

1. Dass der Hafer der alten Germanen, von dem Plinius (im 1. Jahrhundert n. Chr.) als Merkwürdigkeit erwähnt, dass jene Völker sich von dem aus dieser Pflanze gewonnenen Mehle nährten, die von *A. fatua* abstammende *A. sativa* (im engern Sinn) ist, wird allgemein angenommen; zweifelhaft und strittig bleibt nur die Frage nach der ursprünglichen Verbreitung der *A. fatua* und dem Ort des Beginnes der Kultur.

Nach Nyman (Consp. fl. Eur. IV. [1882] 810) wäre *A. fatua* in Europa nicht einheimisch, sondern wahrscheinlich mit dem Saathafer aus dem Orient eingeführt worden. Den extrem entgegengesetzten Standpunkt nimmt Haussknecht ein, der (l. c. 1885, 1892, 1899 p. 46—48) *A. fatua* sogar für in Mitteleuropa, speziell in Mitteldeutschland (als Relikt der Steppenflora) heimisch und ebenso auch die Kultur des Hafers (zuerst nur als eines guten Futtergrases) für in Deutschland autochthon hält; die Römer hätten den Saathafer erst durch ihre Feldzüge in Germanien kennen gelernt. Haussknecht stützt sich dabei auf das oft massenhafte und sehr lästige Auftreten der *A. fatua* in Thüringen als Unkraut. — Gegenüber dieser Theorie von dem mitteleuropäischen Ursprung der Haferkultur macht Körnicke[1]) p. 205—06 geltend, dass *A. fatua* bei uns auf Boden mit einer Grasnarbe nicht vorkommt, also den alten Germanen nicht als Weidefutter dienen konnte. Körnicke verlegt daher ihre Heimat oder wenigstens die Gegend, wo sie zuerst in Kultur genommen wurde, nach dem Südosten; damit würde nach der Ansicht dieses Autors auch der von Galenus überlieferte häufige Anbau des Hafers in Kleinasien im 2. Jahrhundert n. Chr. sprechen. Vielleicht kam die Pflanze auch aus Armenien oder Zentral-Asien nach Kleinasien und den griechischen Inseln und wurde von den Griechen nach Sizilien und Unteritalien eingeführt, wo der Hafer noch heute angebaut wird. Anderseits aber konnte er auch aus Zentral-Asien sich längs der Nordküste des Schwarzen Meeres nach Westen bis zu den Deutschen am Rhein verbreiten (Körnicke l. c. p. 206). In dieser Theorie erkennt man unschwer einen Dualismus des „Hafers“, wie Körnicke

[1]) Körnicke in Körnicke u. Werner, Handb. d. Getreidebaus I. (1885).

ihn schlechtweg nennt: der südliche Hafer, der von Kleinasien[1]) nach den griechischen Inseln und von da nach Süditalien und Sizilien eingeführt wurde, war wohl zweifellos die noch heute in Kleinasien und Süditalien kultivierte *A. byzantina*, während der aus Zentral-Asien auf der nördlichen Zugstrasse über die Nordküste des Schwarzen Meeres nach Westen wandernde Hafer der eigentlichen *A. sativa* entspricht.

Wie stellen wir uns nun heute zu der Frage nach der prähistorischen Verbreitung der *A. fatua* und nach dem Ursprung der Haferkultur? Nach der heutigen Hauptverbreitung und nach den klimatischen Ansprüchen des Flughafers dürften wir kaum fehlgehen, wenn wir diese Art, die heute über den grössten Teil von Europa verbreitet ist und sich auch in entfernten Erdteilen eingebürgert hat, als ursprünglich in dem osteuropäisch-westasiatischen Steppengebiet beheimatet betrachten; autochthon ist sie auch in der nordafrikanischen Steppenzone (nach Trabut), sowie anscheinend in Nord- und Ost-Asien. In Mitteleuropa bevorzugt sie die niederschlagsarmen Gebiete[2]) (z. B. Thüringen); auch schaden ihr, wie Haussknecht (l. c. 1892 p. 46) im Gegensatz zu der Angabe Körnickes (l. c. p. 205) von der Empfindlichkeit der *A. fatua* gegen die Winterkälte hervorhebt, extrem strenge Winter nicht, was jedenfalls sehr zugunsten der Annahme ihrer Steppenpflanzennatur[3]) spricht[4]). Ob der Flughafer irgendwo in Deutschland urwüchsig ist, scheint mit Rücksicht auf die Einwände Körnickes sehr zweifelhaft; immerhin müssen wir die Möglichkeit im Auge behalten, dass *A. fatua* vielleicht vor dem Auftreten des Menschen an natürlichen Standorten gedeihen konnte, die heute von der Kultur eingenommen sind (die gleiche Überlegung

[1]) Nicht aus Zentral-Asien, was Körnicke auch als möglich darstellt.

[2]) Selbst im Detail lässt sich ihre Vorliebe für regenarme Gegenden konstatieren: im Kanton Graubünden (Schweiz) hält sich *A. fatua* nach Mitteilung meines Freundes Jos. Braun-Chur durchaus an die xerothermen Gebiete und ist z. B. in dem niederschlagsreichen Prätigau nicht nachgewiesen.

[3]) Der Umstand, dass nach Zade (Der Flughafer [*Avena fatua*], Diss. Jena 1909 p. 14, 16, 27) die Früchte der *A. fatua* zur Keimung einer Samenruhe bedürfen und in höherem Prozentsatz bei trockener als bei feuchter Aufbewahrung keimen, stimmt ebenfalls gut mit der Annahme der kontinentalen Klimaansprüche dieser Pflanze. Der feuchte, frostfreie oder frostarme Winter des Mediterrangebietes ist vielleicht das Haupthindernis des Vorkommens der *A. fatua* in diesem Florengebiet.

[4]) Innerhalb eines und desselben klimatischen Gebietes ist auch die Bodenbeschaffenheit von grossem Einfluss auf das Vorkommen des Flughafers; er bevorzugt nach Haussknecht (l. c. 1885 p 239) und Zade (Der Flughafer [*Avena fatua*], Diss. Jena 1909, p. 10) bindige, besonders kalkreiche Bodenarten, während er (z. B. in Thüringen) auf Sandboden fehlt oder nur ganz vereinzelt auftritt.

gilt auch für eine Reihe von anderen Ackerunkräutern)[1]. — Im Mittelmeergebiet ist *A. fatua* selten (die gegenteiligen Angaben älterer Schriftsteller, z. B. aus Griechenland, beruhen auf Verwechslung mit anderen Wildhafer-Arten) und wird meist durch *A. sterilis* und *A. barbata* ersetzt, mit Ausnahme von Ägypten, wo *A. fatua* häufig mit den beiden genannten Arten bezw. der Wüstenrasse *Wiestii* der *A. barbata* zusammen vorkommt (Haussknecht l. c. 1899 p. 45). Bezeichnend ist auch ihr Verhalten in Algerien, wo sie nach Trabut (l. c. 1910 p. 360) die Plateaus und die Steppen bevorzugt und nur selten die mediterrane Littoralzone erreicht. Anderseits darf nicht verschwiegen werden, dass *A. fatua* auch in Grossbritannien, trotz seines ozeanischen Klimas, nach der Angabe der englischen Floristen gemein ist, während man dort eher die an der atlantischen Küste Frankreichs gedeihende *A. barbata* zu erwarten hätte[2].

A. sativa, der von *A. fatua* abgeleitete Saathafer, verhält sich im Süden analog der Stammform: er gedeiht schlecht im eigentlichen Mediterrangebiet (vergl. oben S. 305/6), dagegen haben die Kulturversuche im algerischen Tell, wo auch *A. fatua* spontan vorkommt, nach Trabut (l. c. 1910 p. 362) gute Resultate ergeben. Anderseits aber wird *A. sativa* im grössten Teil Europas (auch in der atlantischen Zone) mit Erfolg kultiviert; immerhin ist das Überwiegen der Kultur der von der ozeanischen *A. barbata* abstammenden *A. strigosa* in Spanien und Portugal, sowie z. B. auf den Hebriden (Körnicke l. c. p. 202) bemerkenswert.

Im wildwachsenden Zustand ist *A. sativa* nicht mit Sicherheit bekannt; auch die Vorkommnisse in Turkestan, die schon als spontan gedeutet wurden, werden von E. Regel (Descr. pl. nov. VIII. [1881] 94) auf Verwildern aus frühern Kulturen der Dschungaren zurückgeführt. Die naturgemäss sich erhebende Frage, ob die Kultur des Hafers an einem bestimmten Punkte des weiten Areals der *A. fatua* oder aber an mehreren Stellen voneinander unabhängig begonnen hat, dürfte schwer mit Sicherheit zu entscheiden sein. Die schon von Alph. De Candolle (Orig. pl. cult., deutsche Ausg. [1884] 473) teilweise hervorgehobenen linguistischen Gründe sprechen nach

[1] Vergl. hierüber A. De Candolle Géogr. bot. rais. II. (1855) 610.

[2] Smith (Fl. Brit. III. [1804] 1390) führt aus Grossbritannien („inter segetes") unter dem Namen *Avena strigosa* eine Pflanze auf, die nach der Beschreibung („flosculi bini .... pilosi, dorso aristati .... apice biaristati") nur *A. barbata* sein kann; sollte diese Art doch in England vorkommen und nur von den dortigen Floristen nicht von *A. fatua* unterschieden werden?

Buschan[1]) (p. 62) dafür, dass der Anbau des Hafers (in diesem Fall sicher *A. sativa!*) ursprünglich ein Privilegium der slavischen, also dereinst im Osten unseres Kontinentes ansässigen Völkerschaften (im Gegensatz zu den graeco-romanischen) gewesen sein muss; Verf. nimmt (l. c. p. 63) an, dass der Flughafer lange Zeit von den arischen Völkern unbeachtet gelassen oder höchstens als Viehfutter verwertet worden ist, ohne indessen im letztern Fall wirklich angebaut worden zu sein, und dass erst nach der Trennung der Irano-Inder und der Graeco-Romanen die slavischen und germanischen Stämme ihn in Kultur nahmen[2]), dass also der Saathafer aus dem Osten oder Südosten nach Mitteleuropa gelangt ist — eine Theorie, die auch vom botanischen Standpunkt durchaus annehmbar ist. Nach Hoops[3]) (p. 406) dürfte der Ursprung der Haferkultur am wahrscheinlichsten nach Südost-Russland, in die kaspisch-kaukasische Ebene oder allenfalls noch in das angrenzende turkestanische Tiefland zu verlegen sein.

2. Den von Plinius (im 1. Jahrhundert n. Chr.) erwähnten Hafer „mit nicht ausfallenden Samen", den er als „griechischen Hafer" bezeichnet[4]), und der daher wohl aus dem östlichen Mittelmeergebiet nach Sizilien und Unteritalien eingeführt wurde (Körnicke l. c. p. 206), haben wir bereits vermutungsweise mit *A. byzantina* identifiziert; zu eben diesem Saathafer dürfte auch der nach Galenus im 2. Jahrhundert n. Chr. in Kleinasien (von wo ja auch die *A. byzantina*

---

[1]) Buschan, Vorgeschichtliche Botanik der Kultur- und Nutzpflanzen der alten Welt (1895).

[2]) Sollte der lateinische Name des Hafers (*avena*), wie Hoops (Waldbäume u. Kulturpfl. [1905] 409) nach dem Vorgang einiger Philologen annimmt, mit dem slavischen (*ovisu*) urverwandt sein, so würde nach Hoops daraus folgen, dass die Italiker den Saathafer schon vor ihrem Abzug nach Süden von Osten her erhielten, und dass der Hafer nach ihrer Niederlassung in Italien von seiner ursprünglichen Bedeutung als menschliches Nahrungsmittel zu einem mehr oder weniger ausschliesslichen Futterkraut herabsank. Diese Hypothese bedarf mit Rücksicht auf die jüngsten botanischen Forschungsergebnisse einer Modifikation. Vorausgesetzt, dass wirklich die Italiker bei ihren Wanderungen nach Süden einen Kulturhafer, und zwar *Avena sativa*, mitbrachten, so ist diese Saathaferart, die an das mediterrane Klima nicht angepasst ist, sicherlich in Italien selbst bald ausgestorben; der Name aber wurde auf die dortigen Wildhafer-Arten (*A. sterilis* und *barbata*) und dann auch auf die von *A. sterilis* abstammende *A. byzantina* übertragen. Anschliessend sei noch bemerkt, dass es auch nicht angeht, wie Hoops dies tut, von dem „Wildhafer" schlechtweg zu sprechen; wir müssen vielmehr die in Italien und Griechenland heimischen Arten (*A. sterilis* und *barbata*) einerseits und die Stammpflanze der *A. sativa*, die osteuropäisch-westasiatische *A. fatua* anderseits, scharf auseinanderhalten.

[3]) Hoops, J. Waldbäume und Kulturpflanzen im germanischen Altertum (1905).

[4]) «*Avena graeca*, cui non cadit semen» Plin. Nat. Hist. [ed. H. Weis 1841] XVIII, Kap. 42.

beschrieben ist!) gebaute Hafer gehören[1]). Der Umstand, dass der *βρῶμος* des **Dioskorides** (1. Jahrhundert n. Chr.), wie mich Dr. E. H. L. **Krause** aufmerksam macht, als 2grannig beschrieben wird[2]), stimmt auch besser für *A. byzantina* als für *A. sativa*, bei der nur selten beide Scheinfrüchte begrannt sind.

Über das Alter der Haferkultur im alten Griechenland und Italien sind die Meinungen geteilt; vergleiche die Diskussion bei **Hoops** (l. c. 407/08). Dieser Autor schliesst sich der Auffassung an, dass der Saathafer in Griechenland in historischer Zeit gut bekannt war und auch gebaut wurde; er diente aber wohl in erster Linie

---

[1]) Dass der *βρόμος* des **Galenus** (131—200 n. Chr.), von dem der Autor (De alimentorum facultatibus II. 14 [ed. Kühn VI. p. 522—23]) das häufige Vorkommen in Mysien (Kleinasien), wo auch *τίφαι* und *ὄλυραι* in Menge wachsen, und die Verwendung als Viehfutter (nur in Zeit von Hungersnot als menschliche Nahrung) erwähnt, auch wirklich zu *Avena* gehört, ist schon bestritten worden. An einer andern Stelle nämlich (De simpl. medicamentor. temp. ac facult. VI. 2. 17 [ed. Kühn XI. 855]) rechnet **Galenus** den *βρόμος* zu den *ὄσπρια* («legumina») («*Βρόμος ἐστὶ μὲν ἕν τι τῶν ὀσπρίων, ἀλλ᾽ ὡς φάρμακον ὁμοίαν ἔχει δύναμιν κριθῇ* ... Bromus unum est ex leguminibus, verum ut medicamentum similem hordeo vim obtinet»), woraus einige Forscher (z. B. L. **Reinhardt** Kulturgesch. d. Nutzpfl. I. 1911 [1910] 38) den Schluss gezogen haben, dass *βρόμος* eine Hülsenfrucht sein müsse. Nun gibt aber **Galenus** selbst (De alim. facult. I, 16 [ed. Kühn VI. 524]) folgende Definition der *ὄσπρια*: «*ὄσπρια καλοῦσιν ἐκεῖνα τῶν Δημητρίων σπερμάτων, ἐξ ὧν ἄρτος οὐ γίνεται, κυάμους, πισσοὺς, ἐρεβίνθους, φακοὺς, θερμοὺς, ὄρυζαν, ὀρόβους, λαθύρους, ἀράκους, ὤχρους, φασήλους, τῆλιν, ἀφάκην, εἴτε τι τοιοῦτον* .... Legumina appellant ea Cerealia semina, ex quibus panis non fit, ut puta fabas, pisa, cicera, lentes, lupinos, oryzam, ervum, ciceres, aracos, ervilias, phaselos, foenum Graecum, aphacen, et si qua sunt similia»; er rechnet also zu den *ὄσπρια* alle diejenigen Feldfrüchte, die nicht zur Brotbereitung dienen. Nun findet sich der *βρόμος* in dem Werke «De alimentorum facultatibus» keineswegs unter den *ὄσπρια* (Kap. 16); er wird vielmehr in Kap. 14 im Anschluss an die in den vorhergehenden Abschnitten besprochenen Getreidearten *πυρός, κριθή, τίφη* (triticum, hordeum, tiphe) etc. genannt, und im 15. Kapitel folgen abermals Gräser: *κέγχρος* und *ἔλυμος* (milium und panicum). Wenn daher **Galenus** an der oben genannten Stelle den *βρόμος* den *ὄσπρια* zurechnet, so geschieht dies sicher lediglich mit Rücksicht auf seine nur ausnahmsweise Verwendung als Brotfrucht. — Übrigens bezeichnet auch *legumen* im Lateinischen durchaus nicht etwa nur Leguminosen (im botanischen Sinne); nach dem «Totius latinitatis lexicon op. et stud. Aegidii Forcellini edit. a J. Furlanetto» III. (Prati 1865) 723 ist Legumen ein «Verbale a lego, quo significatur quicquid ex terrae satis in siliquis nascitur, ut sunt fabae, pisum, cicer, lens et similia, quae evelluntur e terra, non subsecantur» (Varr. 1. RR. 23. et 32. et Plin. 18. 46. 2.). Entgegen dem ersten, auf die Hülsenfrüchte passenden Teil der Definition werden (mit Rücksicht auf den Modus des Einsammelns?) von **Columella** (2. 7. et 10.) nicht nur faba, lens, pisum, phaselus, cicer, lupinus, sondern auch cannabis, sesamum, linum und selbst milium, panicum und hordeum zu den «legumina» gezählt, so dass auch der Hafer sehr wohl zu ihnen gehören konnte. Bemerkenswert ist noch, dass auch die «*Avena graeca*» des **Plinius** (ed. Weis XVIII. 42) und die «*Avena*» des **Columella** (De re rustica II. 11. 9; 1. Jahrhundert n. Chr.) mitten unter Leguminosen aufgezählt werden.

[2]) *Βρῶμος* (Avena) Diosc. II, 116: «*καρπὸν δὲ ἔχει ἐπ᾽ ἄκρῳ ὥσπερ ἀκρίδια δίκωλα* .... in cacuminibus dependentes parvulas veluti locustas bipedes gerit».

als Futterkraut, wurde zum Brotbacken nur in Zeiten der Not verwandt, im übrigen als menschliches Nahrungsmittel in Form von Brei bezw. Alphita genossen. — Dass Plinius den altrömischen Kulturhafer als *avena Graeca* bezeichnet, beweist nach Hoops (l. c. 408/09) nicht notwendig seinen Import aus Griechenland. Die Römer bauten wohl auch Hafer, aber nur als Viehfutter; ob sie hierzu einen Saat- oder einen Wildhafer (vom botanischen Standpunkt kommen für den letztern wohl nur *A. sterilis* und *barbata* in Betracht) verwandten, ist unsicher. Eine Angabe bei Columella (1. Jahrhundert n. Chr.), dass der Winterhafer nur teilweise zu Futterzwecken gemäht, teilweise zur Samengewinnung stehen gelassen werde, lässt nach Hoops (l. c. 409) auf einen Saathafer (*A. sativa* nach Hoops, *A. byzantina* nach unserer Auffassung) schliessen.

Ob der süditalienische Kulturhafer in Italien autochthon entstanden ist oder aus Griechenland eingeführt wurde, ist von unserm botanischen Standpunkt aus von relativ geringer Bedeutung. Auf jeden Fall aber bedarf die von Haussknecht (l. c. 1885 p. 233, 1892) aufgestellte und auch von Gradmann (Der Getreidebau im deutschen und röm. Altertum [1909] 15—22) verfochtene Hypothese, dass der Hafer ein spezifisch nordisches Getreide von vielleicht mitteleuropäischem (jedenfalls nicht subtropischem) Ursprung sei, das im Mittelmeergebiet (z. B. in Spanien, Süditalien, Griechenland, Algerien und Ägypten) hauptsächlich vom mittleren und nördlichen Europa aus Eingang gefunden hätte[1]), hinsichtlich der südlichen Hafervorkommnisse einer gründlichen Modifikation: der erste Teil der Theorie betreffend den extramediterranen Ursprung der *Avena sativa* (im engern Sinn!) wird durch die neuesten botanischen Forschungsergebnisse bestätigt, dagegen muss die Annahme der Einführung des Hafers von Norden ins Mediterrangebiet entschieden zurückgewiesen werden, da der südliche Hafer von dem mitteleuropäisch-nordischen spezifisch verschieden ist. Die mediterrane Haferkultur ist demnach, wenngleich offenbar jünger als die nördliche, entgegen der Meinung von Haussknecht und Gradmann, mindestens mit Rücksicht auf das zum Anbau verwendete Material als autochthon zu betrachten.

3. Der Hafer der Pfahlbauer und der alten Kelten war zweifellos *A. sativa*. Zu dieser Art werden von Osw. Heer (Pfl. d.

---

[1]) So nach Gradmann l. c. p. 20; Haussknecht drückt sich in dieser Frage vorsichtiger aus, indem er nur von dem Anbau des Hafers (nicht vom Hafer selbst) spricht, der erst durch die Kriegszüge der Römer aus Germanien nach Südeuropa gekommen sei, dabei die Möglichkeit im Auge behaltend, dass der südliche Hafer teilweise nicht von *A. fatua*, sondern von einer mediterranen Wildform abstammen könnte.

Pfahlbauten [1866] 16) die in den schweizerischen Pfahlbauten der Bronzezeit (2000—800 Jahre v. Chr.) von Montelier und der Petersinsel im Bielersee[1]) nachgewiesenen Haferkörner gerechnet, eine Bestimmung, gegen die nicht viel einzuwenden ist; allerdings bestehen die in der Sammlung des eidgenössischen Polytechnikums in Zürich aufbewahrten Proben in der Regel aus fast völlig entschalten Körnern, so dass weder die Artikulationsfläche am Grunde der Scheinfrucht noch die Spitze der Deckspelze mehr zu erkennen sind[2]). Die Existenz eines eigenen Namens in den keltischen Idiomen (vergl. A. De Candolle l. c. p. 473), sowie das ausschliessliche Vorkommen von vorgeschichtlichen Überresten der Pflanze in den Niederlassungen dieses Volkes würde nach Buschan (l. c. p. 62) dafür sprechen, dass die Kelten unabhängig von den übrigen Völkerschaften schon in grauer Vorzeit Kulturversuche mit dem Flughafer angestellt hätten. Demgegenüber macht Hoops (l. c. 406) mit Recht geltend, dass die Verschiedenheit der Benennungen für eine Kulturpflanze bei verschiedenen Völkern keineswegs nur durch die Annahme ebenso vieler selbständiger, autochthoner Ursprungsstellen ihrer Kultur zu erklären ist; denn sonst müssten wir nur schon für Mittel- und Nordeuropa mindestens 4 unabhängige Kulturzentren für den Haferbau annehmen: bei den Kelten, Germanen, Slaven und Angelsachsen, da alle diese 4 Völkergruppen vom Anfang der literarischen Überlieferung an 4 voneinander gänzlich verschiedene Namen für Hafer gehabt haben. Ausserdem ist durch neuere Untersuchungen von Sarauw auf den dänischen Inseln gleichfalls eine bronzezeitliche Haferkultur nachgewiesen worden. Auch aus botanischen Gründen ist eine autochthon entstandene Haferkultur bei den alten Kelten undenkbar, da wir das ursprüngliche Areal der *Avena fatua* westwärts höchstens bis nach Mitteldeutschland reichen lassen. Ich kann daher Hoops nur beistimmen, wenn er (l. c. 454) die Einführung des Hafers in der Bronzezeit aus dem Osten nach Mitteleuropa annimmt. — Hafer wurde nach Buschan (l. c. p. 58) auch von den Galliern nach Italien

---

[1]) Aus der gleichen Epoche stammen nach Buschan (l. c. p. 58) auch Haferfunde von Bourget in Savoyen, desgleichen nach Gradmann (Der Getreidebau im deutschen und röm. Altertum [1909] 16) solche aus der Sirgensteinhöhle bei Schelklingen (Schwäbische Alb). — Das von Buschan (l. c.) gleichzeitig erwähnte Hafervorkommnis in dem Salzbergwerke Heidenschacht bei Hallein in Salzburg ist nach Hoops (l. c. 406, Fussnote 6) zu wenig gesichert und würde ausserdem der Hallstattperiode (also der ältesten Eisenzeit) und nicht der Bronzezeit angehören.

[2]) Eine gut erhaltene Hafer-Scheinfrucht von Wismar, welches Vorkommnis Heer (l. c. p. 17) zugleich mit den Funden in den schweizerischen Pfahlbauten der Bronzezeit nennt, zeigt über dem Grunde der untern Blüte eine deutliche, stäbchenförmige Achsenverlängerung (das Stielchen der zweiten Blüte), die *A. sativa* gegenüber *A. byzantina* charakterisiert (vergl. oben S. 318).

eingeführt, und zwar war auch dieser Hafer offenbar *A. sativa*, denn *A. brevis* und *strigosa*, die allenfalls noch in Frage kommen könnten, sind in Italien nach Saccardo (Cronolog. Fl. Ital. [1909] 17) erst seit 1812 bezw. 1820 nachgewiesen[1]. Immerhin ist es nicht unmöglich, dass auch *A. strigosa* von den westlichen keltischen Stämmen schon seit langer Zeit in Kultur genommen worden ist; denn in Schottland und auf den Hebriden, wo nach Körnicke (l. c. p. 202) der Hafer seit langem eine Hauptnahrung des Landvolkes bildet, wird vorwiegend *A. strigosa* gebaut (vergl. auch H. C. Watson Cybele Brit. III. [1852] 184), da *A. sativa* dort offenbar wegen der starken Feuchtigkeit und der geringen Sommerwärme schwer zur Reife gelangt. — Die Geschichte der Kultur von *A. strigosa* und *A. brevis* ist übrigens schwer zurückzuverfolgen, da diese beiden Formen von den älteren Botanikern (noch bis in die zweite Hälfte des 18. Jahrhunderts) nicht oder nicht klar von *A. sativa* unterschieden wurden. Wie mich Herr Dr. E. H. L. Krause in Strassburg aufmerksam macht, ist *A. strigosa* möglicherweise zum Teil in *A. nigra* der alten Kräuterbücher enthalten[2]. *A. nigra* J. Bauhin Hist. II. (1651) 432 scheint allerdings nach der Angabe: «fatua siquidem non est: sed aequè plena ac ispa alba; eodem etiam modo colitur multis locis, nec deterior, interdum etiam melior, & grano majore» entschieden eine schwarzkörnige *A. sativa*[3] (= var. *nigra* Krause Getr. [1835—37] Heft 7, p. 15 t. 6B); dagegen enthält *A. nigra* C. Bauhin Pinax [ed. 1671] 23 in Form der Synonyme von *A. altera* Ang.[4]) und *A. sylvestrior nigra* Caes.[5]) vielleicht teilweise die *A. strigosa*, die auch einen Bestandteil der *A. nigra* C. Bauhin Theatr. I (1658) 472 (die kultivierte Pflanze!) neben *A. fatua* auszumachen scheint; die letztgenannte Art figuriert in allen drei Bauhinschen Werken (Pin. p. 10; Hist. II. p. 433; Theatr. p. 149) noch als besondere Art unter dem Namen *Festuca [dumetorum]*

---

[1]) Wenn *A. hispanica* Ard., wie gewöhnlich angenommen wird, zu *A. strigosa* gehört (vergl. oben S. 331), so ist der Anbau dieser Art in Italien vielleicht doch schon älter. Arduino berichtet (l. c., 1789), dass er die Samen dieser bisher unbekannten Art unter dem Namen «*Avena di Spagna*» erhalten habe.

[2]) Vergl. hierüber auch den nach Abschluss der vorliegenden Arbeit erschienenen Aufsatz von Ernst H. L. Krause: Schwarzer Hafer und Flughafer, in Naturw. Wochenschr. XXVI. [N. F. X.] (1911) 248—50.

[3]) Über den schwarzspelzigen Hafer vergleiche auch oben S. 329.

[4]) Anguillara, Semplici [ed. 2. da Giovanni Marinello (1561) 98!]: « . . . due Auene. Una, che si semina . . . . L'altra nasce per se: ma non ui è differenza alcuna di figura tra loro.»

[5]) Caesalpinus (De plantis libri XVI [1583] 177) unterscheidet drei Haferarten: 1. mitior colore candido: crassiore grano, 2. sylvestrior, nigra, tenuiorque (= *A. strigosa?*), 3. tertium genus . . . . omnino sylvestre & immite . . . . arista nigra.

utriculis lanugine flavescentibus (Pin., Theatr.) oder *Aegilops quibusdam aristis recurvis, sive Avena pilosa* (Hist.), unter welcher Bezeichnung jeweils nach den Synonymen und den Fundorten (z. B. Monspelii) auch noch *A. sterilis* inbegriffen ist[1]). Die erste sichere Erwähnung von *A. strigosa* finde ich bei Morison, der um 1680 (Hist. pl. univ. Oxon. sect. 8 t. 7 f. 1) als «Avena sativa vulgaris alba, vel nigra, C. B.» zwei ziemlich verschiedene Pflanzen abbildet; die zweite ist entschieden *A. sativa*, die erste dürfte wegen der kleineren, zweigrannigen Ährchen mit kurzen Hüllspelzen und geknieten Grannen (deren unterer Teil verlängert ist) zweifellos zu *A. strigosa* gehören. Leider werden jedoch die beiden Pflanzen im Text nicht geschieden.

4. Nach Alph. De Candolle (Orig. pl. cult., deutsche Ausg. [1884] 473) spricht das Vorkommen eines eigenen Namens für den Hafer im Baskischen — jener bekanntlich nicht zum indogermanischen Stamm gehörigen Sprache der iberischen Urbewohner Spaniens — für eine weit zurückreichende Kultur bei den alten Iberern. Die Vermutung liegt nahe, dass dieser Hafer ein Abkömmling der im atlantischen Südwesteuropa heimischen *A. barbata*, also *A. strigosa* (inkl. *A. brevis*) gewesen sein dürfte, die noch heute auf der iberischen Halbinsel, namentlich im Westen, viel gebaut wird. Es wäre interessant, zu untersuchen, ob *A. strigosa* speziell in den heute von den Basken bewohnten Gebieten (den Basses-Pyrénées in Frankreich und den baskischen Provinzen Nord-Spaniens) vorwiegend oder ausschliesslich kultiviert wird[2]); unter Umständen könnte die eben vorgetragene Theorie von der Zugehörigkeit des iberischen Hafers eine wertvolle Stütze erhalten. Auf jeden Fall dürften wir kaum fehlgehen, wenn wir den Beginn der Kultur der *A. strigosa* im extramediterranen Südwesteuropa suchen. Im eigentlichen Mediterrangebiet, wo *A. barbata* zwar auch häufig ist, hat der Mensch sicherlich stets der gleichzeitig vorkommenden, gross-

---

[1]) Dass die Hauptfigur von *Festuca dumetorum* .... C. Bauhin Theatr. l. c. zu *Andropogon Gryllus* L. gehört, hebt schon Haller (Hist. stirp. Helv. II. [1768] 202) richtig hervor.

[2]) Leider geben die mir zugänglichen Florenwerke: Bergeret, Flore des Basses-Pyrénées; Bubani, Flora Pyrenaica; Willkomm et Lange, Prodromus florae Hispanicae — keine zuverlässige Auskunft über diese Fragen; *A. strigosa* fehlt sogar (sicher mit Unrecht!) vollständig selbst bei Willkomm u. Lange und wird auch von Willkomm (Grundzüge d. Pfl.-Verbr. auf d. iber. Halbinsel, in Engler u. Drude Veget. d. Erde I. [1896] 322) nur aus Portugal angegeben! Dagegen wird ihr Vorkommen in Spanien bezeugt durch Körnicke in Körn. u. Werner Handb. I. (1885) 215, und auch der Name *A. hispanica* Ard. (1789) weist (falls diese Art wirklich zu *A. strigosa* gehört; vergl. oben S. 331) auf ihre Kultur in Spanien zu jener Zeit.

körnigen und daher ertragreicheren *A. sterilis* den Vorzug gegeben und so die *A. byzantina*, den typisch mediterranen Saathafer, herangezüchtet, während *A. barbata* nur da zur Geltung kam, wo *A. sterilis* fehlte oder wenigstens viel seltener war. Dies trifft z. B. für Portugal zu, wo nach Hackel (Cat. rais. Gram. Portug. [1880] 19), Willkomm (Grundzüge d. Pfl.-Verbreitung auf d. iber. Halbinsel, in Engler u. Drude Veget. d. Erde I. [1896] 307) und Henriques (Bolet. Soc. Broter. XX. 1903 [1905] 83, 84) *A. barbata* im ganzen Lande gemein ist, während *A. sterilis* von Hackel und Henriques nur von einigen Fundorten der Litoralzone zitiert wird; auch in Südwest-Frankreich (nördlich bis zur Normandie) kommt in spontanem Zustand nur *A. barbata* vor.

5. Endlich bleibt noch der Hafer der Chinesen zu besprechen übrig. Der in China zuerst in einem historischen Werk über die Jahre 626—907 n. Chr. erwähnte Hafer gehört nach Bretschneider (A. De Candolle l. c. p. 472) zu *A. nuda*. Die Annahme drängt sich auf, dass die Chinesen unabhängig von den westasiatischen und europäischen Völkern auf die Kultur der *A. fatua*, des einzigen in Ostasien einheimischen Wildhafers, verfallen sein und aus ihm die für die Bedürfnisse des Menschen ganz besonders günstige monströse Modifikation *A. nuda* herangezüchtet haben dürften, wenngleich auch der Annahme des Importes des Hafers von Westen nichts Ernstliches im Wege steht.

Register der vorstehend erwähnten Pflanzennamen.

† = Varietät, * = Subspezies.
Die als gültig angenommenen Namen sind *kursiv* gedruckt.

Zur Phylogenie des Gebisses der Primaten mit Ausblicken auf jenes der Säugetiere überhaupt.[1]

Von

H. Bluntschli.

Von jeher hat das Gebiss in allen stammesgeschichtlichen Rekonstruktionsversuchen der höheren Wirbeltiere eine besonders wichtige Rolle gespielt. Zähne und Kieferstücke stellen vielfach die einzigen Spuren dar, die sich von Tieren der Vorzeit bis auf unsere Tage erhalten haben. Die Gebissformeln und die Struktur der Einzelzähne geben vielfach die vorwiegenden Gesichtspunkte ab, auf die wir unsere systematische Einteilung der Tiere begründen. Die Zeit, da man das Gebiss als ein starres Organsystem ansah, ist freilich längst vorbei. Vorzügliche Entwicklungsreihen, wie sie vor allem amerikanische Palaeontologen (Cope, Osborn u. a.) speziell für einzelne Säugetierordnungen aufzustellen vermochten, haben uns vielmehr gelehrt, dass die Einzelzähne in hohem Grade zu Strukturwandlungen und Spezialisierungen befähigt sind. Varietäten, die gelegentlich im Zahnbau in Erscheinung treten, beweisen dasselbe. Auch die Zahl der Zähne ist nichts starres, feststehendes, auch sie ändert sich im Laufe der Phylogenie, auch sie zeigt eine mehr oder weniger ausgesprochene Variabilität. Von zweifellosen Missbildungen abgesehen, bewegt sich aber die Differenzierung und Variabilität innert gesetzmässiger Schranken und lässt daher von vorneherein ein allgemeines Grundprinzip voraussetzen. Auf dem Wege zur näheren Aufdeckung desselben bewegen sich die bescheidenen Beiträge, die ich Ihnen heute vorlegen möchte. Sie beschränken sich grundsätzlich nur auf die Kieferzähne, und wiederum, wo wir auf niedere Wirbeltiere zurückgehen, nur auf jene Zahngebilde, die als Einzelzähne bezeichnet

[1]) Vortrag gehalten in der Sitzung vom 20. November 1911 der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich.

werden. Vielfach sind in der Tierreihe auch Zahngebilde anderer Art, wie Zahnplatten, Kauplatten, Reibeplatten etc. zustande gekommen, deren Entstehungsgeschichte sehr verschiedenartig sein mag, aber für unsere Darlegungen ausser Betracht bleiben kann. In bezug auf die Kieferzähne — und es wird hier vorwiegend nur von jenen der Säugetiere zu reden sein — sind meist zwei Fragestellungen auseinander gehalten worden, jene nach der Formgestalt der Einzelzähne, und jene nach der Anzahl derselben. Beide scharf zu trennen ist freilich nicht angängig, die eine lässt sich nur beantworten, wenn auch auf die andere eingegangen wird.

In der bisherigen Forschung sind die Zähne vorwiegend als morphologisch streng charakterisierte Sondergebilde betrachtet und verfolgt worden, die Beziehungen zwischen Gebiss und Schädel dagegen nehmen in der wissenschaftlichen Literatur einen wesentlich kleineren Raum ein. Sie erscheinen mir aber als besonders wichtig und bei meinen eigenen Untersuchungen ergaben sich so auffallende Relationen zwischen Schädelgestalt und Gebiss, dass ich sie als innerlich bedingt ansehen möchte. Diese Beziehungen können wieder nur im Lichte der Funktion verstanden werden. Die Art der Kieferbewegungen und der Mechanismus des Kauens scheinen mir den Schlüssel für eine Reihe von Erscheinungen abzugeben, die eine andere Wertung verdienen, als sie sie bisher erfuhren.

Den Ausgangspunkt für meine Forschungen gab das Primatengebiss, an ihm bildete ich mir Vorstellungen, die sich bei weitergehenden Studien auch für die Betrachtung des Säugetiergebisses überhaupt verwertbar erwiesen. Ich möchte daher auch hier zunächst vom Primatengebiss sprechen und erst nachher auf die hypothetischen Anschauungen eingehen, die ich mir über die Entstehung des Säugetiergebisses gebildet habe.

Bei der überwiegenden Mehrzahl der Säugetiere, und so bei allen Primaten, unterscheidet man vier Arten von Zähnen, die Schneidezähne (Incisivi, abgekürzt I), die Eckzähne (Canini, C), die vorderen Backzähne (Praemolaren, P) und die hinteren Back- oder Mahlzähne (Molaren, M). Im Dauergebiss finden wir diese Typen in der Regel deutlich von einander unterschieden. Im Milchgebiss — man bezeichnet die Milchzähne in der Regel durch kleine Buchstaben unter Beifügung des Buchstabens d (deciduat, d. h. hinfällig) — treffen wir ebenfalls Incisiven (id), Eckzähne (cd) und hinter diesen bald mehr praemolaren-, bald mehr molarenähnliche Elemente, die man als Milchmahlzähne (md) bezeichnet. Alle diese Zähne leiten sich entwicklungsgeschichtlich aus einer leistenartigen Epithelanlage, der Zahnleiste, her. Aus derselben sprossen glockenartige Seitentriebe, die je einem

Einzelzahn Entstehung geben. Die Anlagen derjenigen Zähne, die nicht gewechselt werden, finden sich gaumen- resp. zungenwärts von den Wechselzähnen. Wir haben also in der Anlage zwei Reihen von Zähnen, eine äussere und eine innere vor uns, dies sowohl im Ober- wie im Unterkiefer. Alle Zähne einer solchen Reihe gehören einer Zahnserie zu. Es ist seit längerer Zeit festgestellt, dass alle Zähne des Milchgebisses der ersten Zahnserie entstammen, die Zähne des Dauergebisses sich aber verschieden verhalten, insofern als alle jene Zähne, die als Ersatzzähne auftreten, der zweiten Zahnserie zugerechnet werden müssen, alle jene Dauerzähne aber, die keine Vorgänger haben, Derivate der ersten Zahnserie darstellen. Für die Primaten z. B. trifft das letztere für die echten Mahlzähne zu, welche nur spät auftretende und durchbrechende Abkömmlinge der ersten Zahnserie sind, welche mit den Ersatzzähnen im Dauergebiss gleichzeitig funktionieren.

Was nun die Zahl der Zähne anbetrifft, so finden wir im halben Gebiss bei den lebenden Primaten folgende Verhältnisse:

1. Halbaffen. Im Maximum $\left|\frac{2\,1\,3\,3}{2\,1\,3\,3}\right.$ [1]) im Dauer- $\frac{2\,1\,3}{2\,1\,3}$ [1]) im Milchgebiss. Solche Befunde kennen wir von den Nycticebiden und Lemurinen. Bei den anderen lebenden Halbaffen ist dagegen die Zahnzahl kleiner, bald ist jene der Schneide-, bald der Back- oder Mahlzähne geringer, und zwar in wechselndem Grade, auch die Eckzähne können ganz oder teilweise fehlen.

2. Affen. Unter den lebenden Formen finden wir als Regel: unter den amerikanischen Formen bei den Cebiden $\frac{2\,1\,3\,3}{2\,1\,3\,3}$, resp. im Milchgebiss $\frac{2\,1\,3}{2\,1\,3}$ und bei den Krallenaffen oder Hapaliden $\frac{2\,1\,3\,2}{2\,1\,3\,2}$ resp. $\left|\frac{2\,1\,3}{2\,1\,3}\right.$.

Für die Altweltsaffen und den Menschen gilt dagegen als zweifellose Norm der Zustand mit $\left|\frac{2\,1\,2\,3}{2\,1\,2\,3}\right.$ im Dauer- und $\left|\frac{2\,1\,2}{2\,1\,2}\right.$ im Milchgebiss.

Schon seit langem sind Varietäten bekannt, welche Abweichungen dem normalen Verhalten gegenüber darstellen. Bald finden wir weniger, bald mehr Zähne einer Art, bald nur in einem

[1]) In den Zahnformeln, wie sie hier angewandt sind, wird je die Anzahl der Zähne in einer Kieferhälfte zahlenmässig ausgedrückt. Über dem horizontalen Strich sind die Oberkiefer-, unter ihnen die Unterkieferzähne markiert. Die erste Zahl bedeutet die Zahl der Schneide-, die zweite die der Eckzähne, die dritte im Milchgebiss die der Milchmolaren, im Dauergebiss die der Praemolaren, die vierte die der echten Mahlzähne. Die Formel des Milchgebisses wird durch kleine, die des Dauergebisses durch grosse Zahlen geschrieben.

Kiefer oder einer Kieferhälfte, bald so gleichmässig in allen 4 Kieferhälften, dass das Gesamtbild einen durchaus geregelten Eindruck macht und unwillkürlich die Vermutung entsteht, es dürften solche Zustände der Ausdruck von Wandlungen am Gebiss sein, die nicht zufällige sein können. Als typischstes Beispiel der Art kann das Fehlen der Weisheitszähne gelten, das bei Europäern (speziell den nordischen und mitteleuropäischen Völkern) und Angloamerikanern sehr häufig (in ca. 12 % der Beobachtungen nach de Terra) zu konstatieren ist, dagegen bei niedrigen Rassen wie Australiern und Indo-Malayen fast gar nicht vorkommt. Wohl aber ist bei letzteren Rassen das Auftreten 4. Mahlzähne relativ häufig, welches auch bei einzelnen Menschenaffen (Gorilla und Orang) öfters gefunden wird. Ähnliches lässt sich vom Schneidezahnbereich sagen. Hierzulande sind z. B. Befunde derart, dass die seitlichen Oberkieferschneidezähne zu Kegelzähnen reduziert sind oder fehlen keineswegs selten und zeigen solche Befunde oft direkt familiären Charakter. Die Variabilität — von typischen Missbildungen abgesehen — überschreitet jedoch nie bestimmte Grenzen. Beim Menschen sind z. B. meines Wissens nie mehr als 3 Schneidezähne, 3 Backen- und 4 Mahlzähne pro Kieferhälfte, nie aber alle diese Zustände gleichzeitig, festzustellen gewesen. Ebenso ist die Unterzahl limitiert. Ganz analog sind Varietäten von den verschiedensten Affen und Halbaffen in der Literatur beschrieben worden. Die Tatsache des Varierens ist also keineswegs ein menschliches Specificum. Es sind uns aber auch Varietäten anderer Art bekannt. So können Milchzähne stehen bleiben, bald Milchincisiven, bald Milchcanini, bald Milchmolaren, indem entweder die entsprechenden Ersatzzähne gar nicht durchbrechen, vielleicht auch gar nicht angelegt wurden, oder wohl auftreten, aber die Milchzähne aus ihrer ursprünglichen Lage verdrängen resp. selbst an atypischer Stelle erscheinen.

Für all diese atypischen Verhältnisse liefert uns die vergleichende Anatomie einen Gesichtswinkel, unter dem sie einheitliche Beleuchtung erfahren. Wir kennen echte fossile Primaten mit reichlicherer Zahnzahl, so die eocänen Notharctidae Nordamerikas und die eocänen Adapiden Europas mit einer Dauerformel von $\left|\frac{2\,1\,4\,3}{2\,1\,4\,3}\right.$ und die den Primaten zum mindesten sehr nahestehenden Hyopsodontiden aus dem älteren Eocän Nordamerikas (die wahrscheinlich ebenfalls als Primaten zu gelten haben) mit $\left|\frac{3\,1\,4\,3}{3\,1\,4\,3}\right.$ Zähnen im Dauergebiss. Auf diesen letzteren Zustand lässt sich nun das Zahnverhalten aller Primaten zurückführen. Aber freilich nur auf einem, im übrigen aber höchst wahrscheinlich richtigen Umwege. Die Erkenntnis desselben

gehört mit zu den bedeutsamsten Fortschritten der Odontologie der neuesten Zeit. Die Reduktion der Zahnzahl zu dem heute anzutreffenden Zustand ist nämlich nicht nur durch allmähliche Reduktion und schliesslichen Schwund einzelner Zähne, also nicht nur durch **Excalationsvorgänge** zu erklären, so etwa, dass der menschliche

Zusammensetzung und Ableitung des Simiergebisses.

		Gebissformel.	Schema der Gebissformel.	Genetisches Schema.
Hypothetische Urprimaten.		3 1 4 3 / 3 1 4 3; 3 1 4 / 3 1 4 } 32 } 44		
Affen der neuen Welt.	Cebidae.	2 1 3 3 / 2 1 3 3; 2 1 3 / 2 1 3 } 24 } 36		
	Hapalidae	2 1 3 2 / 2 1 3 2; 2 1 3 / 2 1 3 } 24 } 32		
Affen der alten Welt.	Cercopithecidae.	2 1 2 3 / 2 1 2 3; 2 1 2 / 2 1 2 } 20 } 32		
	Anthropomorphidae	2 1 2 3 / 2 1 2 3; 2 1 2 / 2 1 2 } 20 } 32		
Mensch.		2 1 2 3 / 2 1 2 3; 2 1 2 / 2 1 2 } 20 } 32		

Fig. 1. In den Rubriken „Schema der Gebissformel“ und „genetisches Schema“ ist je die Gesamtzahl der Zähne einer Schädelhälfte ober- resp. unterhalb der Kaulinie graphisch dargestellt worden. Zähne der ersten Zahnserie sind durch Kreise, solche der zweiten durch Quadrate, Wechselzähne klein, Dauerzähne gross markiert. Die Incisiven sind durch Schraffur, die Eckzähne durch schwarzen Ton, die Postcaninen durch Punktierung und zwar die prämolariformen durch helle, die molariformen durch dunkle gekennzeichnet.

Zustand von 2 1 2 3 Zähnen pro Kieferhälfte aus dem hypothetischen Urprimatenzustand dadurch zustande gekommen wäre, dass von den primären 3 Schneidezähnen einer und von den 4 Backzähnen zwei total in Verlust gerieten. Die Verhältnisse liegen nur auf den ersten Blick komplizierter, in Tat und Wahrheit sogar wesentlich einfacher. Ein Verlust eines bestimmten Zahnes im Laufe der Phylogenie darf erst dann als wahrscheinlich gelten, wenn wir Schritt für Schritt die Grössenabnahme desselben bis zu einem belanglosen Kegel-

zähnchen verfolgen können. Dann ist die Annahme eines definitiven Ausfalles desselben keine gewagte Spekulation mehr. Diese Reduktion lässt sich nun für den ersten jener 4 Backzähne der Urprimaten, wie verschiedener anderer Säugetierordnungen, in der Tat verfolgen, und alles spricht dafür, dass die Verminderung der Backzahnzahl (pro Kieferhälfte) von 4 auf 3 bei allen hier in Betracht zu ziehenden Säugetieren, durch den Verlust des P_1 der primitiveren Vorfahren zustande kam. Wo heute 3 P bestehen, sind diese als P_2—P_4 in bezug auf den primären Zustand von 4 Praemolaren zu beziehen. Auch die Reduktion der Schneidezähne von 3 auf 2 durch Verlust eines Zahnes ist durchaus wahrscheinlich, kennen wir doch von verschiedenen rezenten Primaten mit 2 Schneidezähnen pro Kieferhälfte alle Übergänge bis zum Zustand von nur einem I. Fraglich bleibt nur, welcher von jenen 3 Zähnen in Verlust geriet. Die Antwort hierauf lässt sich nicht mit Sicherheit geben. Die Tatsache, dass die sog. überzähligen Schneidezähne an sehr verschiedenen Stellen in der Reihe auftreten, bald nach innen, bald zwischen, bald nach aussen von den beiden anderen oder typischen Incisiven, ebenso wie jene andere, dass es oftmals überhaupt unmöglich ist, zu sagen, welcher von 3 vorhandenen Schneidezähnen einer Kieferhälfte als der überzählige zu gelten hat, spricht dafür, dass es vielleicht gar nicht immer dieselben Einzelelemente sind, welche die 2 Incisiven des normalen Gebisses darstellen. Es ist wohl denkbar, dass in der Ontogenie gelegentlich noch die 3 primären Anlagen von Schneidezähnen auftreten, aber nur zwei von ihnen, im Einzelfall vielleicht gar nicht immer dieselben normalerweise sich weiterbilden. Es bedarf noch ausgedehnter Untersuchungen, speziell auch embryologischer Art, um diese Frage endgültig zu klären und unser Schema (Fig. 1) wo die zwei Schneidezähne der lebenden Simiae auf die beiden seitlichen der Urprimaten zurückgeführt werden, kann nur als eine vorläufige Annahme gelten. Dagegen ist die Tatsache doch sehr auffallend, dass meines Wissens noch nie gleichzeitig mehr als 3 Schneidezähne in einer Kieferhälfte bei Primaten beobachtet wurden und deshalb ist es durchaus nicht zulässig, aus dem Auftreten überzähliger I an drei verschiedenen Stellen etwa den Schluss zu ziehen, es müsse zur Erklärung auf einen Zustand mit 5 Incisiven zurückgegangen werden (Rosenberg). — Besteht wohl kaum ein Zweifel, dass der erste P und einer der I der Urprimaten (immer pro Kieferhälfte gedacht) durch Excalation verloren ging, so liegen die Verhältnisse anders, wenn wir nunmehr versuchen, eine Erläuterung des Vorkommens von nur zwei Backzähnen (resp. 2 Milchmolaren) bei den Affen der alten Welt und beim Menschen und für das Vorkommen von nur

2 Mahlzähnen bei den Krallenaffen zu geben. Von ganz spezieller Bedeutung ist dabei die Frage, wie der Platyrrhinenzustand mit 3 Praemolaren und ebensovielen Milchmolaren in jenen der Katarrhinen mit nur 2 P resp. 2 md sich wandelte. Hier besteht nach bisheriger Auffassung eine tiefe Kluft zwischen den lebenden Primaten der neuen Welt und jenen Affen, die heute die alte Welt bevölkern. Noch leben aber in letzterer Halbaffen, also niedere Primaten mit ebenfalls 3 P resp. md, und ebenso gab es in der Vorzeit hier Primaten, die denselben Zustand aufwiesen. Aus dem Oligocän von Ägypten sind neuerdings fossile Affen (Parapithecidae) bekannt geworden, die nach Schlossers Auffassung 3 P, also wohl auch 3 md besassen. Alle älteren Anschauungen postulieren für die Ausbildung des Katarrhinen- aus dem Platyrrhinenzustand ebenfalls eine Excalation, bald liess man den letzten (also ursprünglich 4.) bald den vordersten P (also ursprünglich 2. P) der Platyrrhinen in Verlust geraten. Gegen die erstere Deutung spricht die sehr gewichtige Tatsache, dass bei allen Affen und allen Halbaffen die Reihe der hinter den Eckzähnen stehenden Zähne, wir wollen sie in Zukunft die postcaninen Zähne (Postcanini) nennen, eine geschlossene ist, was auf die einheitliche Funktion dieser postcaninen Zahnreihe hinweist, und gegen die letztere Auffassung, dass, wo wir bei heute lebenden Primaten 3 P finden, von irgend welcher ausgesprochener Reduktion des vordersten keine Rede sein kann. Nur bei gewissen eocänen Primaten Nordamerikas (Omomys und Hemiacodon) lässt sich etwas derartiges, aber auch hier nur in recht geringem Grade angedeutet, nachweisen. Viel wahrscheinlicher, und wie mir erscheint allein zulässig, ist eine dritte Annahme, die Bolk im Jahre 1906 durch eine Hypothese begründete. Er geht davon aus, dass die Mahlzähne des Dauergebisses genetisch zur ersten Zahnserie gehören, und nimmt so, wie das unser Schema (Fig. 1) darstellt, an, dass der vorderste Mahlzahn der Altweltsaffen und des Menschen nichts anderes sei, als der persistent gewordene hinterste Milchmolar der Platyrrhinen. Der Zustand von nur 3 Molaren wäre dann dadurch entstanden, dass der hinterste Molar der Urprimaten nicht mehr oder nur noch in Varietäten (als 4. M) aufträte und dass ebenso wie in der ersten Zahnserie auch in der zweiten, durch Ausbleiben des Durchbruches resp. der Anlage des hintersten P (primärer P_4, oder sekundärer P_3 der Platyrrhinen) auch die zweite Zahnserie mit zunehmender Kieferverkürzung eine Reduktion an ihrem Hinterende (terminale Reduktion) erfahren hätte. Nach dieser Theorie wäre also M_1 der Katarrhinen homolog dem md_3 (ursprünglich md_4) der Cebiden, M_2 und M_3 der ersteren dem M_1 und M_2 der letzteren,

und M_3 der Cebiden wäre bei den Altweltssimiern ebenso ausgefallen, wie bei den Hapaliden. Im Gegensatz zu allen Platyrrhinen liessen ferner die recenten Katarrhinen den letzten Zahn der zweiten Serie (P_3 der Westaffen resp. P_4 der Urprimaten) vermissen. Die Umwandlung des Platyrrhinenzustandes zum Katarrhinenzustand setzt also voraus a) eine Regression des ursprünglichen P_4 und ebenso von M_3 und b) eine Progression des primären md_4 zu einem mächtigeren Dauerzahn

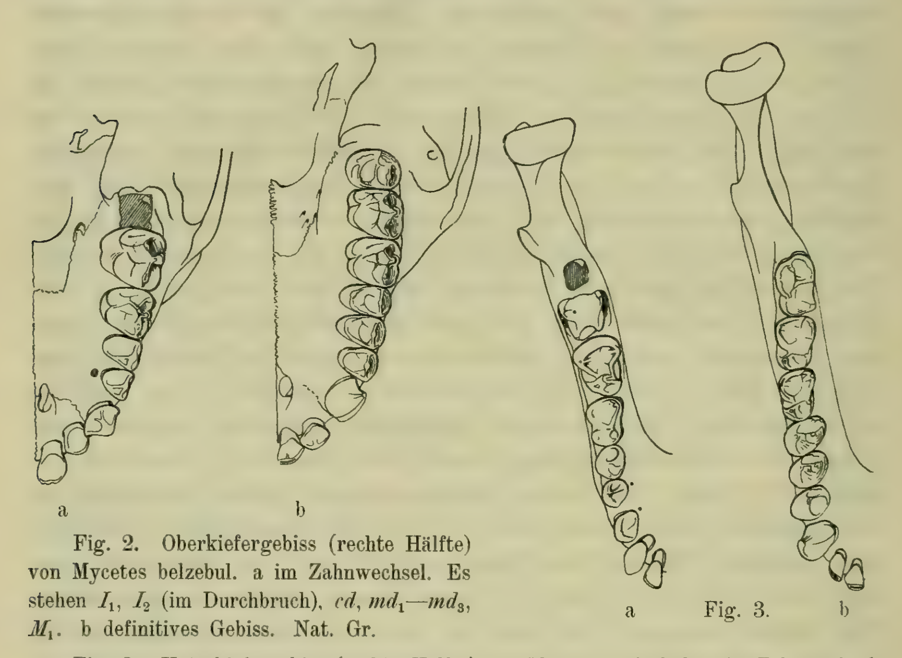


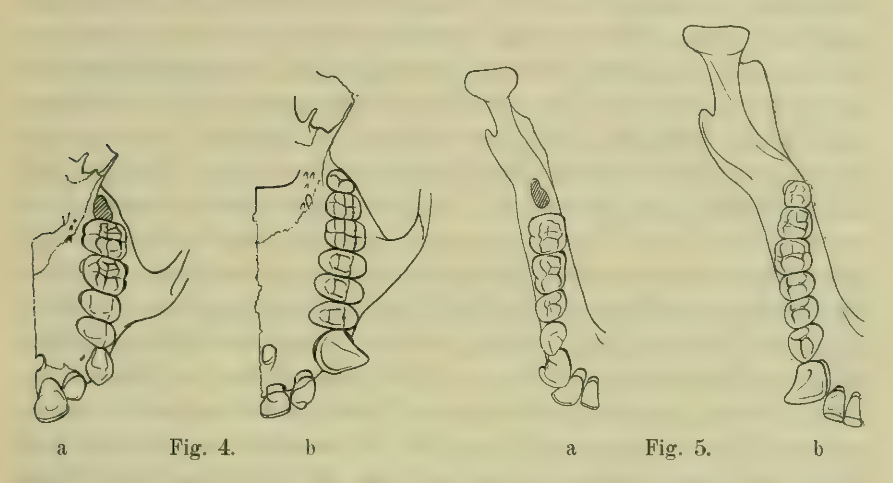
Fig. 2. Oberkiefergebiss (rechte Hälfte) von Mycetes belzebul. a im Zahnwechsel. Es stehen I_1, I_2 (im Durchbruch), *cd*, md_1—md_3, M_1. b definitives Gebiss. Nat. Gr.

Fig. 3.

Fig. 3. Unterkiefergebiss (rechte Hälfte) von Mycetes belzebul. a im Zahnwechsel. Es stehen I_1, I_2, *cd*, md_1—md_3, M_1, M_2 tritt eben aus der Alveole hervor. b definitives Gebiss. Nat. Gr.

(M_1 der Katarrhinen). Als Begründung für seine Hypothese führt Bolk an 1. morphologische Besonderheiten: der letzte Milchmahlzahn ist bei allen Primaten ungemein molarenähnlich in Kronenbau und Wurzelverhalten, bei einzelnen Platyrrhinen (Hapale, Cebus) auch fast so gross wie M_1; 2. das Gebiss der Katarrhinen ist eine Zeitlang, nämlich nach dem Durchbruch der ersten Molaren und vor dem Wechsel der Milchzähne tatsächlich ebenso zusammengesetzt wie das Milchgebiss der Westaffen; 3. ontogenetische Besonderheiten: M_1 des Menschen legt sich in direktem Anschluss an md_2 an, dagegen besteht ein längerer Zwischenraum von über 1 Jahr zwischen den Anlagen von M_1 und M_2, es zeigt sich also M_1 hier den Milchzähnen genäherter, als den hinteren Zähnen der ersten Zahnserie. Die Anlage des hintersten P

(P_3 der Platyrrhinen, P_4 der Urprimaten) ist bei Macacus in rudimentärer Weise festzustellen; 4. Varietäten: Durch die Hypothese erklärt sich das Auftreten überzähliger hinterer P und 4. M bei Katarrhinen und die Persistenz des letzten Milchzahnes (primärer md_3) bei gleichzeitigem Ausbleiben des hintersten P beim Menschen. Letzterer Zustand zeigt gewissermassen die Zukunftsform des menschlichen Gebisses, wenn wir uns den Umwandlungsvorgang, der sich vom Platyrrhinen- zum Katarrhinenzustand abspielte, nochmals wiederholt denken. Die Einwände, die Bolk speziell von zahn-



a Fig. 4. b a Fig. 5. b

Fig. 4. Oberkiefergebiss von Cebus macrocephalus. a im Zahnwechsel. Es stehen I_1, I_2 (im Durchbruch), *cd*, md_1—md_3, M_1. b definitives Gebiss. Nat. Gr.

Fig. 5. Unterkiefergebiss von Cebus macrocephalus. a im Zahnwechsel. Es stehen I_1, I_2, *cd*, md_1—md_3, M_1. b definitives Gebiss. Nat. Gr.

ärztlicher Seite (Adloff) gemacht wurden, sind wenig tiefgründig. Der anscheinend bedeutsamste, das Auftreten bestimmter Höcker am letzten Milchmahlzahn bei Gorilla, die am ersten Dauermolaren desselben Tieres fehlen — so dass ein anderer Bautypus bestünde — ist nicht stichhaltig, solange nicht nachgewiesen ist, dass jenes Gorillakind zweifellos derselben Rasse zugehört, wie die untersuchten alten Tiere, denn ich habe bei verschiedenen Plattnasen festgestellt, dass auch hier Rassendifferenzen im Kronenbau der Molaren bei ein und derselben Species bestehen, die bei oberflächlicher Betrachtung zu ähnlichen Trugschlüssen führen könnten.

Ich selbst habe durch die Untersuchung eines grossen Materials von Affenschädeln — die Mehrzahl betrifft Platyrrhinen aus den Sammlungen der Herren Prof. Goeldi und Studer in Bern, denen ich

zu grösstem Dank verpflichtet bin — die Bolkschen Angaben nicht nur bestätigen, sondern auch erweitern können. Besonders wichtig erscheint mir die Tatsache, dass bei Formen (z. B. Brüllaffe, Fig. 2 und 3), wo im Dauergebiss im Oberkiefer M_2 und im Unterkiefer meist M_3 der grösste Zahn ist, md_3 relativ beträchtlich kleiner als M_1 ist und umgekehrt bei Formen (z. B. Cebus, Fig. 4 und 5), wo im Dauergebiss die Mahlzahnreihe hinten beträchtlich an Grösse reduziert ist, md_3 M_1 gegenüber an Grösse kaum zurücksteht. Es besteht also unzweifelhaft ein Zusammenhang zwischen der Grössenentfaltung der hinteren Dauer- und Milchmahlzähne. Die Grösse der Kaufläche eines mahlzahnartig gebauten Zahnes ist aber nichts anderes als der Ausdruck seiner physiologischen Leistungsfähigkeit bei normaler Kautätigkeit. Wir erschliessen daher aus jenen Verhältnissen eine Verschiebung der Stelle maximalster Kauleistung. Sie liegt bei Mycetes zweifellos weiter nach hinten als bei Cebus. Dass es sich nun tatsächlich um eine solche Verschiebung handelt, beweist noch etwas anderes. Die Umwandlung des Cebidenzustandes in jenen der Katarrhinen betrifft nämlich nicht nur das Persistentwerden des letzten Milchmolaren und die terminale Reduktion in beiden Zahnserien, sondern, wie unser Schema (Fig. 1) zeigt, auch einen anderen Milchmahlzahn. Bei den Platyrrhinen ist der vorletzte Milchmolar im allgemeinen nichts weniger als mahlzahnartig. Im Wurzelverhalten weist er zwar auf dasselbe hin, aber der Kronenbau ist entschieden einfacher und verschieden vom hintersten md und den M. Bei den Katarrhinen aber ist derselbe Zahn, jetzt zum hintersten md geworden, typisch mahlzahnartig gebaut. Wir wollen daraufhin eine Terminologie begründen, welche davon ausgeht, dass die hinter dem Eckzahn stehenden Zähne eine einheitliche Gruppe (postcanine Zähne) darstellen, und wollen jene unter ihnen, welche sich im Kronenbau dem Zweihöckertypus der Praemolaren nähern, als praemolariform und jene, welche den mehrhöckerigen Typus echter Molaren zeigen, als molariforme Postcaninen benennen. Wir können dann sagen, es habe der vorletzte Milchmolar (ursprünglicher md_3, sekundärer md_2) der Westaffen bei der Umwandlung zum letzten Milchzahn der Katarrhinen eine Umwandlung derart durchgemacht, dass er aus einem praemolariformen zu einem molariformen geworden sei, in beiden Fällen aber ein Wechselzahn bleibe, während nach der Bolkschen Hypothese md_3 der ersteren und M_1 der letzteren in beiden Fällen molariform, im ersteren aber einen deciduaten (d. h. einen Wechselzahn), im letzteren aber einen permanenten (d. h. einen Dauerzahn) Zahn darstelle. Unter dieser Annahme der Fähigkeit einer Charakteränderung postcaniner Zähne erfahren gewisse Tatsachen, die seit langem bekannt

sind, eine interessante Beleuchtung. Beim Menschen z. B. ist nicht nur md_2, sondern auch md_1 im Unterkiefer mehr oder weniger molariform, während dies bei Menschenaffen im Kronenbau viel weniger ausgesprochen ist, und bei Schlankaffen (Semnopithecus) gilt, wie auch bei einzelnen Cercopitheciden, dasselbe von dem vordersten Milchmolaren sowohl im Ober- wie im Unterkiefer. Nähmen wir die morphologische Erscheinungsform eines Postcaninus als etwas starres an, dann müssten wir aus den bestehenden Differenzen auf Stammesverschiedenheiten schliessen, die wohl vorhanden sind, aber kaum so tiefgreifende sind, wie dies daraus vermutet werden möchte. Bei genauerem Zusehen finden wir denn auch alle Umwandlungen eines praemolariformen Milchmolaren in einen molariformen, sofern wir verschiedene Genera und Rassen gleicher Arten, bei einzelnen Species selbst nur eine grössere Zahl von Individuen durchmustern. Dies alles legt uns nahe, auch hier wieder an einen Verschiebungsvorgang zu denken, welcher mit der physiologischen Leistungsfähigkeit der Einzelzähne in Zusammenhang stehen möchte.

Wir legen uns daher die Frage vor, ob sich ein Anhaltspunkt für eine solche auf physiologischen Momenten basierende Verschiebung finden lässt? Ein solcher liess sich in der Tat aufdecken in Beziehungen zwischen Gebiss und Schädelbau im allgemeinen, zwischen Postcaninengrösse und dem Jochbogenverhalten bei den Primaten im speziellen. Um diese Dinge klarstellen zu können, müssen wir einen Augenblick unser Augenmerk auf die Kaumuskulatur richten, sie ist es ja, welche den Unterkiefer bewegt und damit die Kauleistung herbeiführt. Beim Menschen — und ebenso bei allen Säugetieren — lassen sich dem physiologischen Verhalten nach 2 Gruppen unterscheiden. Die erste wird durch den Schläfenmuskel (M temporalis) dargestellt. Er entspringt aus der grossen Schläfengrube am Hirnschädel und ausserdem von einer ihn bedeckenden Temporalfascie, die uns später beschäftigen wird, und greift nicht weit vor dem Kiefergelenk an einem Muskelfortsatz des Unterkiefers an. Zufolge seines weit nach hinten liegenden Angriffspunktes am Unterkiefer wird er in erster Linie die Geschwindigkeit des Kieferschlusses und der aufwärts gerichteten Unterkieferbewegung überhaupt bedingen. Beim fortgesetzten Sprechen ist z. B. die Ermüdung dieses Muskels leicht zu spüren. Der Muskel findet sich, überall physiologisch offenbar sehr gleichartig, bis herab zu den Fischen. Überall dort, wo die Kieferbewegung bei der Nahrungsaufnahme im wesentlichen eine schnappende ist, ist er ungemein entfaltet. Mit dem eigentlichen Kauen, das bei den Säugetieren besteht, hat er aber wohl wenig zu tun. Das feste Zubeissen — von den seitlichen Kieferbewegungen sehen wir zunächst ganz ab — setzt

vielmehr eine Muskulatur voraus, welche im Sinne eines Kraft- und nicht eines Geschwindigkeitshebels wirkt. Diese besteht tatsächlich und wird aussen durch einen eigentlichen Kaumuskel (M masseter), innen durch einen inneren Flügelmuskel (M pterygoideus internus) repräsentiert. Abspaltungen des letzteren dienen als Vorzieher des ganzen Unterkiefers (M pterygoideus externus). Die Faserrichtung des Masseter und Pterygoideus internus ist unter den Primaten bei seitlicher Betrachtung nahezu gleich, der Angriffspunkt beider findet sich am Unterkieferwinkel und nach vorne zu davon am unteren Mandibularrand, ersterer dehnt sich dann auf der Aussenfläche, letzterer auf der Innenfläche des Unterkieferknochens aus und beide gewinnen dadurch eine ausgedehnte Anheftung an letzterem, ganz besonders der erstgenannte. Bezüglich des Ursprungs stellen wir fest, dass sich jener des Flügelmuskels in einer Grube der Schädelbasis, jener des Masseter am Jochbogen findet. Die Bedeutung beider Muskeln für das feste Zubeissen steht ausser Zweifel, ganz besonders günstig liegen aber die Verhältnisse für den Masseter, denn da die obere Zahnreihe über die untere mit den Aussenhöckern der Postcaninen übergreift, wird ein Zug in der Richtung nach auf- und zugleich etwas nach seitwärts, wie ihn der Masseter tatsächlich ausübt, besonders fest die Kauzähne aufeinander pressen. Das eigentliche Kauen darf nun aber nicht nur — wie dies bisher aufgefasst wurde — als ein festes Annähern der unteren Zähne an die oberen aufgefasst werden. Vielmehr zeigt eine einfache Überlegung, dass der Masseter bei seiner Kontraktion nicht nur den Unterkiefer an den Oberkiefer heranziehen, sondern gleichzeitig Druck und Gegendruck erzeugen muss, so dass die Nahrung zwischen beiden Zahnreihen gewissermassen zermalmt wird. Warum dies? Der Jochbogen, an dem, wie wir sahen der wichtigste Kaumuskel angreift, lässt sich als ein Gewölbe auffassen, das nur vorn und hinten dem Schädel aufruht. Seine Gestalt wechselt in der Säugetierreihe, insofern er bei vielen Formen mit gewaltiger Kauleistung (z. B. Feliden, Caniden, insecti- und carnivore Marsupialier) nicht nur eine starke Wölbung nach der Seite, sondern auch nach obenzu aufweist. Ganz fehlt die letztere auch bei den rezenten Primaten nicht, aber sie ist hier geringeren Grades. Wenn nun der Masseter sich kontrahiert und den Unterkiefer an den oberen Kiefer herangezogen hat, dann muss sich bei weiterer Zusammenziehung notgedrungen ein Zug nach unten an dem Jochbogengewölbe geltend machen. Die straffe Muskelkontraktion sucht also die scheitelwärts gerichtete Wölbung des Gewölbes abzuflachen und da er ja gleichzeitig nicht nur nach unten, sondern auch nach innen zieht (Fig. 6), ist er auch bestrebt, den Jochbogen an den Schädel

heranzupressen. Es scheint mir, als ob die letztere Tendenz bei jenen Tieren, die eine sehr starke sehnige Fascia temporalis besitzen — und zu diesen gehören gerade die Primaten — durch den Widerstand, welchen diese Sehnenplatte dem Zug nach unten leistet, gewissermassen verstärkt werde.[1]) Auf alle Fälle wird ein Druck ent-

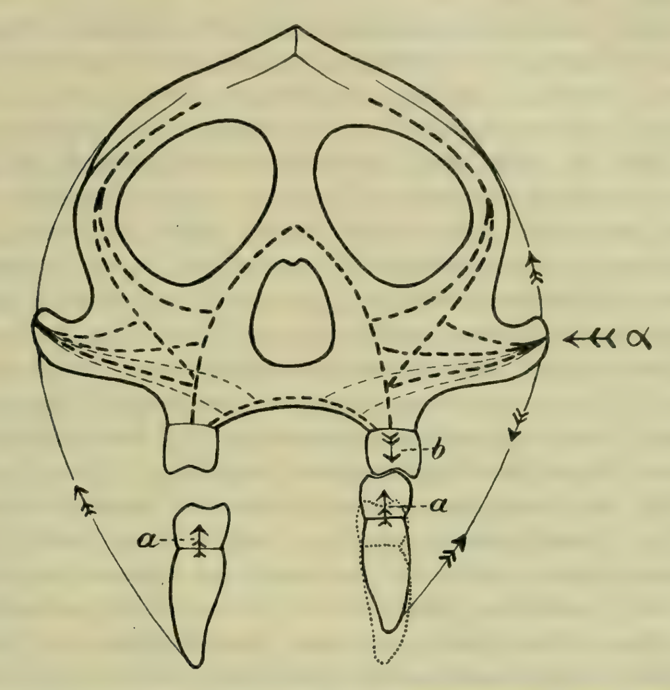


Fig. 6. Schema der Entstehung des sog. Jochbogendruckes bei der Zusammenziehung des M. masseter.

stehen, der sich in der Richtung des Pfeiles α in Fig. 6 auf das Jochbogengewölbe geltend macht.[2]) Jeder Druck, der sich auf die Culmination eines Gewölbes geltend macht, überträgt sich aber notgedrungen auf seine Widerlager. Hinten ist dieses in der Schädelkapsel und einem Knochenwulst gegeben (Tuberculum articulare),

[1]) Die Fascia temporalis überdeckt bekanntlich den M. temporalis und wird bei Kontraktion dieses Muskels — da sich ja seine Dickenentfaltung alsdann vergrössert —, wie dies beim Kieferschliessen und beim festen Zubeissen der Fall ist, in gespannteren Zustand geraten, als bei der Ruhe. Deshalb kann sie auch einzelnen Temporalisfasern Ursprungsfläche darbieten und anderseits vielleicht der Jochbogendeviation nach unten (bei Massetercontraction) Widerstand leisten, umgekehrt aber die Anziehung des Jochbogengewölbes an das Cranium fördern.

[2]) Es wäre vielleicht besser gewesen, jenen Pfeil nicht ganz horizontal, sondern etwas schräg nach unten gerichtet, einzuzeichnen.

der bei der Masseterkontraktion seinen Gegendruck im sich anstemmenden Gelenkkopf des Unterkiefers findet. So wird sich der Druck in stärkerem Grade auf das vordere Widerlager übertragen müssen, und ferner dadurch verstärkt werden, dass ein Grossteil der Masseterfasern gerade am vorderen Teil des Jochbogengewölbes angreift.

Diese vordere Jochbogeneinstrahlung erfolgt nun derart, dass sich der Jochbogen an die äussere Schädelwand einpflanzt, die selber als eine Gewölbekonstruktion aufgefasst werden muss, denn wenn wir einen Frontalschnitt durch diese Kieferpartie anlegen, erkennen wir, dass sich hier unter der äusseren Schädelwand und über den Oberkieferzähnen ein grosser Hohlraum, eine Nebenhöhle der Nase (Sinus maxillaris = Kieferhöhle) findet, deren Begrenzung medialwärts durch die zarte Wand der Nasenhöhle und nach unten durch den festen knöchernen Gaumen gebildet wird. Zweifellos enthält die äussere Oberkieferwand und ebenso der Gaumen ein mechanisch bedeutsames System von feinsten Knochenbälkchen, wir wollen es als ein maxillonasales, resp. palatinales Strebepfeilersystem bezeichnen. Dass sich nun zum mindesten ein Teil des Jochbogendruckes auf diese beiden Strebepfeilersysteme überträgt, scheint mir ausser Zweifel. An Schnitten durch die Kieferhöhle lassen sich ganz deutlich am Boden leistenartige von lateral nach medial laufende Knochenleistchen erkennen, die gegen den Gaumen zu ausstrahlen. In diesem Boden aber finden sich die Wurzeln der oberen Kauzähne eingepflanzt. Die Decke über den Wurzelspitzen ist sehr dünn, bisweilen selbst durchbrochen, hier kann also ein mechanisches Moment nicht geltend machen; aber gegen den Hals der Zähne hin, wo das Gaumengewölbe und die äussere Kieferwand sich nähern, verstärkt sich der Knochen. Hier sind die Zähne fixiert, indem vom Hals aus eine Unzahl feinster Sehnenfädchen zu den Knochenringen verlaufen, welche den Zahnhals umfassen. (Für die Unterkieferzähne gilt ganz analoges.) In diese Knochenringe aber strahlen die Strebepfeilersysteme aus. Wenn nun der Jochbogendruck sich auf das maxillonasale und das palatinale Gewölbe geltend macht, muss auch hier wieder eine Übertragung auf die Widerlager erfolgen und da sich jene, welche in der Medianebene aneinanderstossen, gewissermassen gegenseitig die Stange halten, muss der Druck speziell auf die Knochenringe der Zahnalveolen sich geltend machen, mit andern Worten, es muss auf die Oberkieferzähne ein Druck im Sinne des Pfeiles b (Fig. 6) entstehen, welcher jenen des Pfeiles a der andrängenden Unterkieferzähne entgegengesetzt gerichtet ist. So entsteht durch die Masseterwirkung Druck und Gegendruck gleichzeitig

in beiden Postcaninenreihen, die Nahrung aber wird zwischen denselben zermalmt. Das feste Kauen ist also etwas ganz anderes als das einfache Heranziehen des Unterkiefers, ist nicht ein Schnappen, sondern ein Zermalmen und wird nicht durch den Temporalis, sondern im wesentlichen durch den Masseter gewährleistet.

Den Zahnärzten ist das Herabtreten resp. Aufrücken speziell von postcaninen Zähnen unter dem terminus technicus des „Längerwerdens der Zähne" bei fehlenden Antagonisten seit langem bekannt. Histologisch (Loos) handelt es sich hauptsächlich um einen Umbau der Knochenwandung an der Alveole, ein Vorgang, der uns im Lichte unserer Überlegungen ohne Schwierigkeit verständlich ist, weil ja, so lange überhaupt noch ein eigentliches Kauen möglich ist, der durch die Masseterwirkung gesetzte Druck sich auch dann noch geltend machen muss, wenn die gegenständigen Zähne desselben verloren gegangen sind. Dass sich die Alveolarwand den neuen Verhältnissen entsprechend umbaut, stimmt mit all dem überein, was wir von den strukturellen Änderungen der Knochensubstanz unter abnormen Verhältnissen überhaupt wissen.

Das experimentum crucis für unsere Auffassung der Bedeutung des Jochbogens für den Kaumechanismus gibt aber wiederum die vergleichende Anatomie ab, wenn sie uns lehrt, dass überall, wo der Kaumechanismus vorwiegend in einer zermalmenden Verkleinerung der Nahrung durch den von oben und unten gesetzten Druck der Zahnreihen stattfindet, d. h. bei vorwiegend orthaler Kieferbewegung — bei Säugetieren, welche ihren Unterkiefer ganz oder vorwiegend vor- und zurückschieben (Nagetiere mit propalinaler Kieferbewegung), oder wie die Huftiere hauptsächlich kreiselnde, reibende Kieferbewegungen mit starker seitlich gerichteter Kieferexkursion (ektale und entale Kieferbewegung) ausführen, liegen die Verhältnisse anders — die grössten Oberkieferzähne dort sitzen, wo sich der vordere Jochbogendruck am stärksten geltend macht. Das gilt ausnahmslos für jene Primaten, wo die orthale Kieferbewegung relativ stark ausgesprochen ist (ganz rein dürfte sie in der Primatenreihe überhaupt nirgends sein) und seitliche Exkursionen in nur relativ geringem Grade vorkommen. Hieher gehören alle jene Formen, bei denen die Höcker der postcaninen Zähne relativ hoch und spitz gestaltet und auch noch bei einem Teil jener anderen, deren Zahnhöcker stumpfer geworden sind. Auch hier aber (Mensch, Schimpanse) ist die Tatsache des Zusammenfallens der extremen Mahlzahngrösse mit der vorderen Jochbogeneinpflanzung noch wohl erkennbar, wenn auch nicht mehr so deutlich ausgesprochen, wie bei der erstgenannten Gruppe. Schliesslich zeigen

die Schlankaffen (Semnopithecinae) diese Beziehungen fast gar nicht mehr. Von ihnen aber wissen wir, dass das Auftreten typischer Querjoche an den postcaninen Zähnen zusammenfällt mit dem Erwerb einer rein herbivoren Ernährungsweise, für welche der ganze Magenbau, der unzweifelhaft an den Wiederkäuermagen erinnert, einen untrüglichen Beweis abgibt. Ein anderer Kaumechanismus,

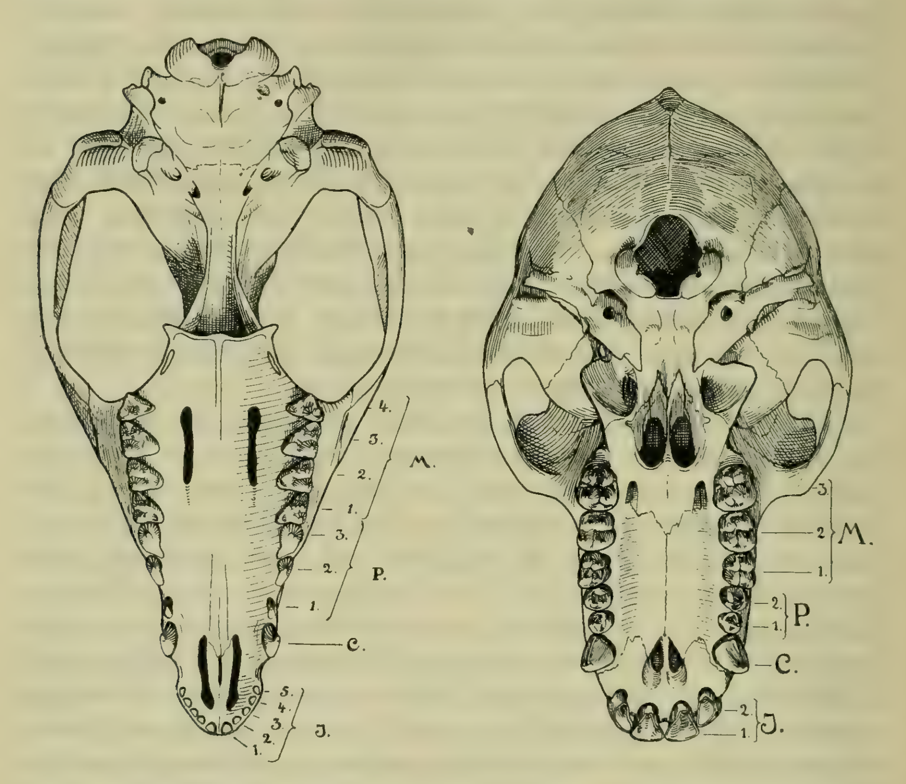


Fig. 7.
Schädel der Beutelratte (Didelphis virginiana) bei Ansicht auf die Basis.

Fig. 8.
Schädel eines Pavian (Papio babuin) bei Ansicht auf die Basis.

bei dem weniger ein festes Zubeissen, als ein Zerreiben der Nahrung zustandekommt, hat hier sekundär jene ursprünglichen Beziehungen verwischt.

Es ist aber ferner wohl ohne weiteres klar, dass auch die Art und Weise, wie sich der Jochbogen in die Schädelwand einpflanzt, von grossem Einfluss sein muss speziell in bezug auf die Länge jener Strecke, welche den Jochbogendruck auf die oberen Zähne erfährt und hier bestehen tatsächlich weitgehende Differenzen. Nehmen wir z. B. einen Pavianschädel und daneben den eines primitiven Beutel-

tieres, dann zeigt ein Blick auf die Schädelbasis beider Formen grundlegende Verschiedenheiten in bezug auf die Jochbogeneinstrahlung. Beim Pavian kommt sie mit scharfer, winkliger Knickung des Gewölbes (Fig. 8), bei der Beutelratte (Didelphis, Fig. 7) in ganz allmählichem, sanftem Einstrahlen zustande. Bei letzterer Form wird allem Anschein nach der Jochbogendruck viel gleichmässiger auf die lange Strecke der Mahlzahnreihe übertragen und dementsprechend sind die Grössendifferenzen zwischen den einzelnen Molaren nicht sehr weitgehende, beim Pavian macht sich der Jochbogendruck natürlich dort am stärksten geltend, wo der Jochbogen scharf gegen den hintersten Zahn abbiegt, der in der Tat auffallend gross gestaltet ist. Bei seitlicher Betrachtung des Schädels zeigt sich freilich auch hier, dass der Jochbogen nicht nur gegen M_3 einstrahlt, sondern, freilich in geringerem Grade, auf M_2 und auch noch M_1 seinen Druck fortsetzen muss. Die entschiedene Grössenabnahme der Kaufläche von M_3 bis M_1 entspricht diesen Verhältnissen. Bei anderen Affen z. B. Macacus und Cebus besteht ebenso wie beim Pavian eine ziemlich stark seitliche Einstrahlungsweise des Jochbogens, aber hier findet sich der Einstrahlungspunkt weiter nach vorne zu, bei Macacus etwa in der Höhe von M_2, bei Cebus sogar von M_1. So treffen wir bei Macacus M_2 als den grössten Zahn, und eine Grössenabnahme nach vorn und hinten und bei Cebus M_1 als Zahn von maximaler Entfaltung und M_2, wie namentlich M_3 stark an Grösse reduziert (Fig. 15).

Wir müssen jetzt aber auch der Formverschiedenheiten des Schädels in verschiedenen Altersperioden gedenken. Der jugendliche Schädel ist bei allen Primaten rundlicher als der ausgewachsene, die Kiefer sind relativ kurz und niedrig, die Schnauzengegend, welche z. B. beim alten Pavian so exzessive Entfaltung genommen hat, tritt überall noch wenig in Erscheinung. Beim Kinderschädel findet sich stets die vordere Einpflanzungsstelle des Jochbogens wesentlich weiter nach vorn als später. Im Zustand des reinen Milchgebisses steht sie beim Menschen über md_2, rückt nachher mit dem Auftreten von M_1 über diesen Zahn. Hier bleibt sie meist stehen und zwar sehr häufig über der vorderen Aussenwurzel oder noch öfters der Mitte des Zahnes. In anderen Fällen (namentlich primitive Rassen, aber auch gelegentlich bei Europäern) kann die Verschiebung nach hinten noch etwas weiter gehen. Der ganze Vorgang ist also gewissermassen allgemein aufzufassen als eine nach vorn gerichtete Verschiebung der sich nach hinten verlängernden Zahnreihe dem übrigen Schädel gegenüber. Immer stehen dabei nur molariforme Zähne unter dem direkten Jochbogendruck und immer findet sich der

grösste Zahn direkt an der Stelle, wo der ausgeprägteste Jochbogendruck sich geltend macht. Beim Pavian geht dieser Verschiebungsvorgang viel weiter. Steht doch der Jochbogen hier ursprünglich über dem ersten Milchmolaren, dann rückt er über den zweiten, später über M_1, M_2 und bleibt erst über M_3 stehen (Fig. 7). Eine ganz allmähliche Grössenzunahme von md_1 bis M_3 zeigt, dass mit der Verschiebung jeweilen eine funktionelle Steigerung sich einstellte, die sich am Schädel auch im Verhalten der Muskelmarken

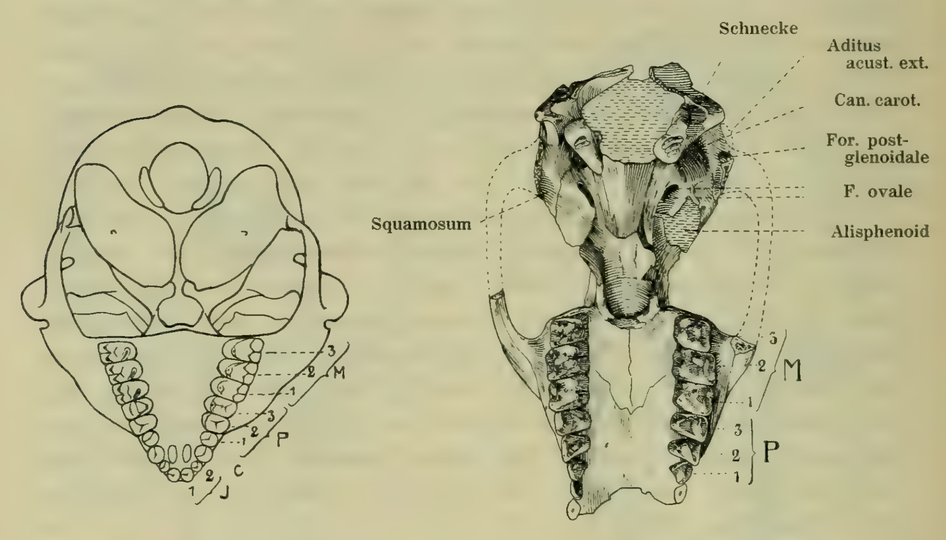


Fig. 9. Schädel von Tarsius spectrum, Basalansicht (nach Hubrecht 1897).

Fig. 10. Schädel von Hyopsodus paulus, Eocän (Wasatch) von Nordamerika, nat. Grösse (nach Osborn 1902).

ohne Schwierigkeit feststellen lässt. Hier wandert also der Jochbogen um volle 4 Zahnbreiten, beim Menschen dagegen in der Regel nur um eine oder anderthalb. Ich habe aber auch Fälle gesehen, wo aus der auffallend molariformen Gestalt von md_1 im Oberkiefer des Menschen der Schluss zu ziehen sein dürfte, dass hier die Jochbogeneinstrahlung ursprünglich weiter nach vorn als gewöhnlich gelegen habe. An solche Zustände werden sich vermutlich jene Bilder an Ausgewachsenen anreihen, wo die vordere Einpflanzung auffallend weit vorn sitzt. Es wird in der Folge darauf zu achten sein, ob nicht gerade dieser Zustand in jenen Fällen sich findet, wo md_2 beim Menschen persistent ward, oder die Weisheitszähne fehlen. Dass die Kieferverkürzung beim Kulturmenschen aller Voraussicht nach noch nicht abgeschlossen ist, nehmen Bolk und Wallace wohl mit Recht

an. Was hier für Mensch und Pavian dargelegt, gilt auch für die anderen Primaten, überall besteht ein solcher ontogenetischer Verschiebungsvorgang, aber er ist von recht verschiedenem Grade bei den verschiedenen Formen.

Was liegt nun näher, als diesen ontogenetischen Verschiebungsvorgang, den wir genau verfolgen können, in Zusammenhang zu bringen mit jenem anderen, stammesgeschichtlichen, den wir oben erschlossen, als wir das Katarrhinengebiss aus dem der Platyrrhinen

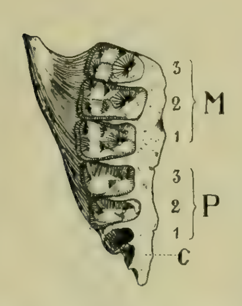


Fig. 11. Oberkieferfragment von Washakius insignis, Eocän (Bridger) von Nordamerika, 2½ fach nat. Grösse (nach Wortman 1904).



Fig. 12. Oberkieferfragment von Anaptomorphus homunculus, Eocän (Wasatch) von Nordamerika, vergrössert (nach Osborn 1902).

abzuleiten suchten. Hier wie dort erschlossen wir aus der grösseren Kaufläche einzelner Postcaninen, anderen gegenüber, eine Verlagerung des wirksamsten Druckpunktes. In der Tat spricht alles dafür, dass jene phylogenetischen Wandlungen der Kieferverkürzung mit denselben ursächlichen Momenten (Änderung der Relation zwischen Gehirn und Gesichtsschädel) und denselben Verschiebungsprozessen zusammenhängen, die noch bei allen lebenden Primaten ontogenetisch festzustellen sind. Wir wollen uns kurz den mutmasslichen Weg dieser Wandlungen, seinen Ausgangspunkt und seine Bahn ansehen.

Dass das Einstrahlen des Jochbogens in den Oberkiefer auch bei den Primaten ursprünglich jenen Typus der sanften Einstrahlung vorwiegend von hinten her gehabt haben muss, steht ausser Zweifel, kennen wir doch denselben in reinem Charakter sowohl von niedrigstehenden, lebenden Primaten, wie Tarsius (Fig. 9), als auch in reicher Fülle von den eocänen Primaten Nordamerikas (Fig. 10—12). Immer ist die Jochbogeneinstrahlung hier ein geringes medianwärts eingebogen, nie winklig geknickt. Die oberen Molaren differieren darum relativ wenig an Grösse, sind aber nie genau gleich stark gebaut. Bei Tar-

sius ist M_3 der grösste Zahn[1]), die Jochbogeneinstrahlung am flachsten, am meisten von hinten her erfolgend. Bei Washakius (Fig. 11) ist schon M_2 der grösste, M_3 der kleinste Molar und die Jochbogeneinstrahlung erfolgt hier mit stärkerer Druckkonzentration auf M_2 als bei Hyopsodus (Fig. 10), wo die Jochbogeneinbiegung vielleicht noch ein geringes mehr von der Seite her statthat. Auch hier ist M_2

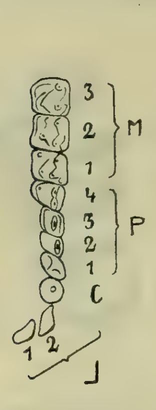


Fig. 13. Oberkieferzahnreihe von Adapis parisiensis var. min., Obereocän Frankreich, (nach Zittel-Schlosser 1911).

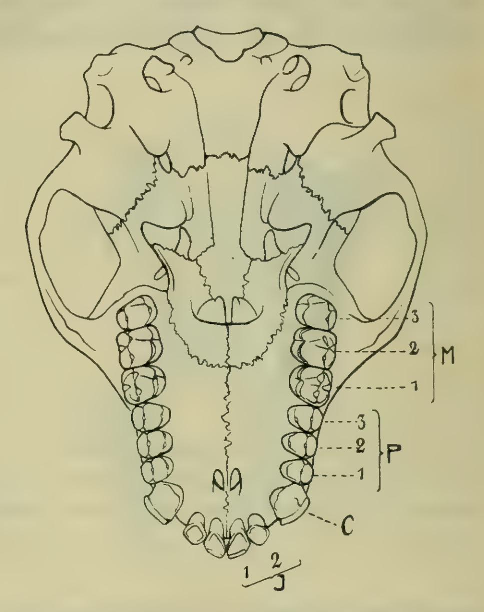


Fig. 14. Schädel von einem südamerikanischen Brüllaffen (Mycetes belzebul), Basalansicht.

der stärkste Molar und M_3 der schwächste, dagegen sind die Differenzen zwischen M_1 und M_2 etwas weniger ausgesprochen. Noch stärker ist M_3 bei Anaptomorphus (Fig. 12) und Omomys reduziert. Aus zahlreichen Oberkieferfragmenten der verschiedensten fossilen Primatengenera lässt sich auf Grund dieser Beziehungen umgekehrt aus dem Mahlzahnverhalten ein bestimmter Rückschluss auf die dort bestandene Lage und Einstrahlungsweise des Jochbogens ziehen (z. B. Adapis[2]), Fig. 13), eine Feststellung, die aus später zu Schilderndem auch

[1]) Ich habe auch Schädel von Tarsius gesehen, wo M_3 um etwas kleiner war als M_2 und die Jochbogeneinpflanzung etwas weiter nach vorne erfolgte. Einen solchen Zustand bildet Wortmann ab. Also bestehen schon bei dieser primitiven Form individuelle Schwankungen.

[2]) In der Tat bestätigen Schädelfragmente dieser Form, die aus dem Verhalten der oberen Molarenreihe zu erschliessende flache Einstrahlung des Jochbogens auf das hintere Ende der Zahnreihe zu.

Rückschlüsse aus zahntragenden Unterkieferfragmenten auf das Verhalten des Gesichtsschädels erlaubt. An unseren Befund von Hyopsodus reiht sich ungezwungen der lebende Brüllaffe (Fig. 14) an. Auch hier ist M_2 der stärkst belastete und gebaute Zahn des Oberkiefers. Auch bei jener kleinen Platyrrhinenform, die manch primitive Merkmale bewahrt hat, Callithrix, ist die Jochbogeneinstrahlung eine sanfte, durch allmähliche, flache Einstrahlung zustande kommende, doch sitzt der eigentliche Druckpunkt etwas weiter nach vorn zu und ist hier M_1 der stärkst belastete Zahn. Annähernd ebenso verhalten sich Pithecia und Lagothrix. Unter den primitiven Halbaffen herrscht ebenfalls in weitester Verbreitung die flache Jochbogeneinstrahlung in den Oberkiefer. Bei Nycticebus sind M_1 und M_2 am stärksten dem Jochbogendruck ausgesetzt und dementsprechend am stärksten entfaltet. Dass also die flache Einstrahlung des Jochbogens und die damit zusammenhängende Differenz in der Grössenentfaltung der eigentlichen Molaren, die aber nie so ausgesprochen ist, wie bei winkliger Jochbogeneinpflanzung, einen primitiven Typus darstellt, kann gar kein Zweifel bestehen. Alle diese Formen haben eine mehr oder weniger ausgesprochene Längenentfaltung ihrer Kiefer, sie besitzen die primitive Schnauzenform an ihrem Schädel.

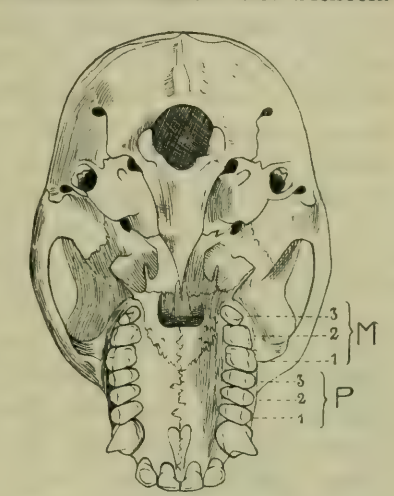


Fig. 15. Schädel von einem südamerikanischen Rollschwanzaffen (Cebus macrocephalus), Basalansicht.

Eine zweite Gruppe stellen nun jene Formen dar, wo der Jochbogen vorn etwas mehr von der Seite her und gewölbter sich einpflanzt, ohne dass aber, wie bei den Katarrhinen, eine ausgesprochen winklige Knickung desselben sich fände. Die letztere ist wohl öfters leicht angedeutet, aber nirgends rein ausgesprochen. Der Typus charakterisiert die Lemuren unter den Halbaffen und einen Teil der Platyrrhinen, speziell jene rezenten Formen, die wir nach verschiedenen anderen Baumerkmalen am Schädel und Rumpfskelett als fortgeschrittenere zu bewerten gewöhnt sind (Cebus [Fig. 15], Ateles, Chrysothrix, daneben auch Hapale). Bei Nyctipithecus ist er wohl sekundär in Zusammenhang mit der Vergrösserung der Augenhöhlen entstanden. Die maximale Belastung eines Zahnes lässt denselben hier seinen Nachbarn gegenüber viel stärker entfaltet erkennen, als

bei der ersten Gruppe, wo sich der Jochbogendruck in höherem Grade auf eine grössere Strecke verteilte. Es herrschen also hier ausgesprochenere Differenzen in der Grösse der einzelnen Molaren. Bei Cebus (Fig. 15), Chrysothrix und Hapale ist der vorderste M der stärkst belastete Zahn, wir können uns daher den Zustand dadurch zustande gekommen denken, dass hier im Laufe der Phylogenie die vordere Jochbogeneinpflanzung nach vorn rückte[1]), dann gewissermassen bei weiterer Tendenz zum Vorschieben eine Hemmung erfuhr und dass sich infolgedessen der Jochbogen unter stärkerer Einbiegung in den Kiefer einpflanzen musste. Alle diese genannten Formen besitzen aber nicht nur eine auffallende Reduktion ihrer hintersten Molaren, sondern auch auffallend grosse letzte Milchmolaren und ferner erstreckt sich bei ihnen, was gewiss kein zufälliges Zusammentreffen ist, der Gehirnschädel weiter nach vorn als bei der erstcharakterisierten Gruppe. Der Zusammenhang zwischen einer nach vorn gerichteten Entfaltung des Gehirnes und einer Verkürzung der Kiefer ist gerade hier evident.

Eine dritte Gruppe stellen die Katarrhinen dar. Bei ihnen allen biegt sich der Jochbogen vorn plötzlich nach innen zu ein, eine deutliche Knickung darbietend, aber die Lage zur oberen Zahnreihe wechselt stark, bisweilen (Mensch) ist hier M_1 der am meisten belastete Zahn, meist aber M_2 und beim Pavian (Fig. 7) sogar M_3. Diese Verschiedenheiten lassen sich unter Berücksichtigung der Ontogenese nur so erklären, dass alle lebenden Katarrhinen aus kurzschnauzigeren Formen hervorgingen, und dass die winklige Knickung des Jochbogens am Vorderende ein altes Erbteil ist, das an jenen Zustand erinnert, wo der Jochbogen bei starker vorwärts gerichteter Entfaltung des Hirnschädels und gleichzeitiger Rückschiebung der Zahnreihe eine Stockung erfuhr, die noch weiter ging als jene bei der oben charakterisierten zweiten Gruppe. Diese Auffassung wird gestützt durch die Tatsache, dass ja auch in der Ontogenie der Katarrhinen die vordere Jochbogeneinpflanzung sich zunächst auffallend weit vorn findet, weshalb stets md_2 und oft md_1 molariform gebaut sind, was bei den Plattnasen nicht der Fall ist. Unter den fossilen Formen weist Anaptomorphus (Fig. 12) auf ein solches Vorrücken der vorderen Jochbogeneinpflanzung mit Reduktion der Zahnreihe am hinteren Ende hin. Es ist nun wohl kein zu weit gehender Schluss, wenn wir annehmen, dass aus eben diesem Faktor vor Zeiten jener Zahn, der bei den heutigen Plattnasen durch md_3 (ursprünglich

---

[1]) In bezug auf die Ontogenie bedeutet dies natürlich zunächst nur eine geringere Rückwärtsverlagerung.

md_4) repräsentiert wird, zu einem Dauerzahn umgewandelt wurde und nun in M_1 der Ostaffen persistiert. Die Kieferverlängerung aber, welche heute die Anthropomorphen und vor allem die Paviane zeigen, wäre dann — und dafür sprechen noch manch andere Gründe — ein sekundär erworbenes Verhalten. Es darf wohl auch daran erinnert werden, dass gerade bei den Katarrhinen die Schärfe der Molarenhöcker abnimmt und dafür vielfach sich im Auftreten von stark entwickelten Nebenhöckern und der Ausbildung von Schmelzfältchen ein Zustand ausbildet, der nur als Anpassung an eine stärker phytivore Ernährungsweise und einen vielseitigeren Bewegungsmodus im Kiefergelenk verständlich wird. Damit kommt ein neuer Faktor für die Gebissentfaltung in Frage, der vielleicht sogar den Grund für die sekundäre Kieferverlängerung abgegeben hat.

Wir stellen uns also vor, dass der Jochbogen der Primaten sich ursprünglich in sanfter Einstrahlung in den Kieferteil einsenkte und ursprünglich die hintersten Mahlzähne am stärksten belastet waren (Tarsius [Fig. 9], und beinahe ebenso auch Adapis [Fig. 13]), dass dann eine Verschiebung erfolgte, durch die der Jochbogen etwas weiter nach vorn zu und schräger von der Seite seinen Druck auf die Oberkiefermolaren geltend machte. Dieser Zustand, den viele eocäne Primaten aufweisen, findet sich heute noch bei primitiven Prosimiern und Platyrrhinen. Von ihnen aus führen zwei Wege seitwärts. Der eine charakterisiert sich durch eine allmählich weiter gediehene Verschiebung des Jochbogens (im Zusammenhang mit der frontalen Entfaltung des Gehirnschädels) entlang der Zahnreihe, so dass schliesslich M_1 der grösste Zahn wurde (rezente fortgeschrittenere Westaffen). Würde er sich noch weiter fortsetzen, was als Zukunftsverhalten wohl denkbar ist, dann wird sich vermutlich md_3 auch bei diesen Affen zu einem Dauerzahn wandeln. Der zweite Weg muss rascher, energischer durchlaufen worden sein. Die starke Grössenzunahme des Stirnhirnes, die in der Tat die Katarrhinen den Plattnasen gegenüber auszeichnet, liess hier vor Zeiten die Jochbogeneinpflanzung sich noch weiter nach vorn zu verlagern, damit wurde der primitive md_4 zu einem wichtigen Faktor für die Kauleistung und erwarb deshalb den Charakter eines Dauerzahnes. Die Jochbogeneinstrahlung erfuhr gleichzeitig bei weitergehender Tendenz zur Vorschiebung eine Hemmung, wohl durch die von jeher bestehenden Relationen zwischen Orbita und Jochbogen, und so kam es zu einer winkligen Knickung derselben. Von diesem primitiven Katarrhinenzustand führen divergente Strassen zu den so wechselnden Befunden bei den heutigen Katarrhinen, die aber alle jene Jochbogenknickung und den Besitz von nur zwei Praemolaren aufweisen. Dass ihr M_1

sich mit der sekundären Kieferstreckung nicht wieder in einen Milchzahn wandelte, hängt wohl damit zusammen, dass eben der Ersatzzahn desselben (der P_3 der Platyrrhinen oder P_4 der Urprimaten) inzwischen verloren gegangen war und stimmt völlig mit zahlreichen

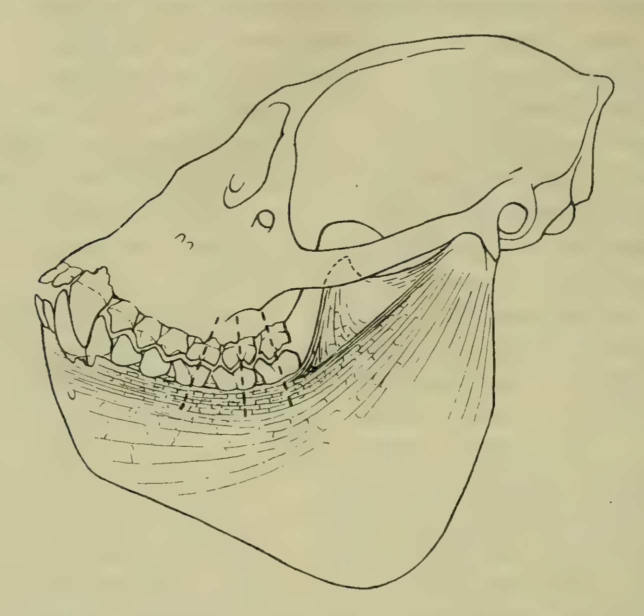


Fig. 16. Mycetes- (Brüllaffen-) Schädel von der Seite mit starkem Ansteigen der Zahnreihen an ihren Hinterenden. Durch gestrichelte Linien ist die hypothetische Verlaufsrichtung der maxillo-nasalen Strebepfeiler und damit die Druckrichtung im Mahlzahnbereich eingetragen. Am Unterkiefer ist nach einer Röntgenaufnahme auch das wichtige Trajectorium dentale mit seinen queren Versteifungen eingezeichnet. Der zahntragende Teil der Mandibel charakterisiert sich dadurch als ein Gitterwerk, welches zweckmässig geeignet ist, dem Jochbogendruck Widerstand zu leisten. Ganz gleich verhält sich nach den Figuren und der Beschreibung Walkoffs das Trajectorium dentale auch bei den Anthropomorphen und dem Menschen.

anderen Erfahrungen, wonach in der Phylogenie eingetretene Verluste nachträglich nicht mehr rückgängig zu machen sind. [1])

Es wurde bisher nur der oberen Zahnreihe gedacht, weil an ihr die Faktoren am klarsten sich darbieten, welche für die Gebissdifferenzierung im Laufe der Phylogenie massgebend waren. Immerhin müssen wir nun auch der Unterkieferpostcanini gedenken. Da sei ganz allgemein gesagt, dass ihre Differenzierung sich durchaus

[1]) Das in Varietäten gelegentlich festzustellende Auftreten eines dritten P bei Katarrhinen schliesst die obige Auffassung nicht aus, da in der normalen Ontogenie jener dritte P unseres Wissens nicht mehr regelmässig angelegt wird.

parallel abgespielt haben muss. Unsere mechanische Erklärung setzt ja fortwährend Druck und Gegendruck voraus. Da bekanntlich jeder Oberkiefermolar mit zwei unteren artikuliert, z. B. M_1 des Oberkiefers mit M_1 und M_2 im Unterkiefer, der untere M_2 ausserdem aber mit dem oberen M_2 artikuliert, ergiebt sich ohne weiteres, dass hier jene Grössendifferenz zwischen den einzelnen Zähnen nicht ganz so stark ausgesprochen sein kann, wie im Oberkiefer. Es kommt aber noch etwas weiteres hinzu. Bei allen Säugetieren, die sich vom Urtypus des rein trituberkulären Mahlzahnbaues entfernt haben, sind die unteren Molaren viel mehr in die Länge entfaltet als die oberen. Das gilt auch von den Primaten. Der Grund ist ersichtlich, wenn wir davon ausgehen, dass die Jochbogenwirkung auf die Mahlzähne nur durch Übertragung des Druckes der Jochbogentrajektorien, die im wesentlichen dem Jochbogen selber parallel verlaufen (Röntgenbilder), auf die Strebepfeiler des maxillo-nasalen und palatinalen Systemes fortpflanzen kann. Offenbar spielt gerade das maxillo-nasale System die Hauptrolle, was schon daraus zu schliessen ist, dass die oberen Molaren stets in ihren Aussenhöckern, die speziell unter der Druckwirkung desselben stehen, überall stärker entwickelt sind, als der innere Teil der Molarenkrone. Nichts zwingt uns zur Annahme, dass diese maxillo-nasalen Trajektorien parallel verlaufen, vielmehr bestärkt die einfache Schädelbetrachtung die Annahme — die übrigens auch durch Röntgenbilder in gewissem Sinne bestätigt wird — dass sie mehr oder weniger divergent gegen die Einzelmolaren ausstrahlen. Etwa so wie die punktierten Linien in Figur 16. Dann wird es aber auch verständlich, dass die Länge der Druckzone an den unteren Zähnen grösser sein muss, als an den oberen und noch etwas anderes, nämlich das bekannte Ansteigen der Zahnreihen an ihren Hinterenden findet seine Erklärung. Je stärker nämlich jene Trajektorien divergieren, oder mit anderen Worten auf eine um so kürzere Strecke sich die Jochbogeneinpflanzung in den Oberkiefer konzentriert, um so ausgesprochener wird bei einer rein orthalen Kieferbewegung die Druckausstrahlung sein müssen. Würden die Zähne nicht in den Drucklinien orientiert sein, sondern senkrecht nebeneinander stehen, dann könnte sich aber die volle Druckwirkung gar nicht geltend machen. Eine solche Anordnung einzelner Molaren entgegen dieser Regel kommt tatsächlich vor (z. B. Pavian), sie weist aber unzweifelhaft darauf hin, dass hier die orthale Kieferbewegung keine reine mehr sein kann, sie charakterisiert sich als eine Anpassung an eine andere, in Zusammenhang mit vorwiegend phytivorer Ernährung stehende. Da aber, am ausgesprochensten bei den rezenten Huftieren, spielt der Jochbogendruck keine so wichtige Rolle mehr, der Kiefermechanismus

ist ein gänzlich anderer geworden und die Nahrung wird nicht mehr unter grossem Druck zerquetscht und zermalmt, sondern unter reibenden Bewegungen verkleinert. Das Zerreiben setzt aber weit geringeren Druck, dafür umso stärkere Befestigung der Reibzähne voraus. Das macht sich geltend durch engeres Aneinanderschliessen der Einzelzähne, die aneinander gewissermassen Halt und Stütze finden und durch massiveren Bau des Gaumens und Nasengewölbes. Auch das Wurzelverhalten wird ein anderes. Hier aber spielt der Einzelzahn nicht mehr dieselbe individualisierte Rolle wie dort, die Zähne werden denn auch gleichartiger und die Grössendifferenzen unter ihnen treten stärker in den Hintergrund. Wie ich schon oben andeutete, spielt wahrscheinlich derselbe Faktor auch bei der Differenzierung des Katarrhinengebisses eine, wohl nicht so bedeutsame, aber doch nicht zu unterschätzende Rolle. Für die Schlankaffen scheint mir dies ausser Frage, bei den Anthropomorphen und verschiedenen Menschenrassen (Krapinafunde, Australier) ist mir dies recht wahrscheinlich; vielleicht gilt schon für einzelne Plattnasen wie Cebus und Ateles mit auffallend stumpfen Molarenhöckern, und für Pithecia mit seinen Schmelzfältchen an den M etwas ähnliches in geringerem Grade. Klaatsch hat einmal auf die Beziehungen zwischen den Wurzeln von M_1 und dem Jochbogen hingewiesen und darauf aufmerksam gemacht, dass bei den Australiern und Afrikanegern, wie beim Orang und Gorilla die hintere Aussenwurzel dieses Zahnes stets im sog. „Jugalwulst“ des Oberkiefers liege, dass aber bei Europäern diese Beziehung meist verloren gegangen sei und viel häufiger die vordere Wurzel diese Stelle einnehme. Er schliesst daran die fast orakelhafte Bemerkung, „die besondere Stellung, die der erste Molar überhaupt einnimmt, lässt vermuten, dass eine sehr wichtige mit der Umformung des Gebisses und des Gesichtsskelettes bei der gemeinsamen Urform von Menschenrassen und -affen in Konnex stehende Sache vorliegt“. Nach dem, was ich von Rassenschädeln untersucht habe, kann ich nur sagen, 1. dass die Jochbogeneinpflanzungsstelle bei allen Rassen individuell etwas variiert, aber bei primitiven Rassen dieselbe im allgemeinen etwas weiter nach hinten liegt als bei höheren; 2. dass auch beim Menschen eine Relation unzweifelhaft besteht zwischen Ort und Art der Jochbogeneinpflanzung und der relativen Grössenentfaltung der Molaren; 3. dass aber die Grössendifferenzen dieser Zähne und das Ansteigen der Zahnreihen nach hinten nicht so ausgesprochene sind, wie dies bei einer ganz vorwiegend orthalen Kieferbewegung nach Analogie bei primitiven Platyrrhinen der Fall sein müsste, dass und infolgedessen wohl die Anpassung an eine vorwiegend phytivore Ernährung im Zusammenhang mit einer teilweisen Änderung

der Kieferbewegungen eine Rolle spielt. Dass die Ernährungsweise der Kulturmenschen bei der Beurteilung dieser Frage nur mit grosser Reservation herangezogen werden kann, bedarf wohl kaum einer eingehenden Begründung, dass sie aber mit Schuld ist an der Degeneration des Gebisses steht wohl ausser Zweifel. Bei keinem einzigen der Hunderte von Schädeln von Affen, die Wildexemplare darstellten, fand ich z. B. irgendwelche Spuren von Caries, bei zahlreichen Schädeln von Tieren aber, die längere Zeit in zoologischen Gärten gehalten worden waren, waren solche vorhanden. Der Einfluss der Domestikation ist wohl vorwiegend als der einer unnatürlichen Ernährung mit einer zu geringen Inanspruchnahme des Gebisses zu bezeichnen.

Zusammenfassend können wir also sagen, dass bei der Phylogenie des Primatengebisses ein mechanischer Faktor eine ganz fundamentale Rolle gespielt haben muss. Die Relationen zwischen Jochbogen und Differenzierung der Postcaninenreihe sind zu auffallende, als dass wir daran noch länger zweifeln dürften. Vom theoretischen Standpunkt aus gewinnt diese Beziehung deshalb besonderes Interesse, weil es sich bei der allmählichen Grössenzunahme einzelner Mahlzähne nicht um einen direkten Vorgang, sondern nur um eine Fernwirkung handeln kann. Die Zähne sind ja, abgesehen von den Wurzeln, in Relief und Umfang völlig ausgebildet ehe sie in Funktion treten. Im Lichte der Vererbungslehre kann es sich also nicht um eine Vererbung einer erworbenen Eigenschaft, sondern nur um die Wirkung eines die Keimzelle treffenden, ihr vom Elterorganismus übermittelten, züchtenden Reizes handeln. Ohne diese Annahme ist die ganze Relation zwischen Molarengrösse, also auch Zahnfunktion, und dem Gesichtsskelett undenkbar.

Nachdem wir das Verhalten des Jochbogens für das Verständnis der Wandlungen am Primatengebiss so ausserordentlich bedeutsam fanden, erhebt sich unwillkürlich die neue Frage, ob nicht am Ende eine analoge Beziehung uns die Entstehung des Säugetiergebisses überhaupt verständlich machen kann, ob nicht auch hier das Gebissproblem ein eigentliches Schädelproblem darstellt. Bekanntlich gehört der Besitz morphologisch different gebauter Kieferzähne, speziell das Auftreten molariformer Zähne, ebenso wie das Bestehen eines einheitlichen Unterkiefers zu den wichtigsten Besonderheiten, durch die sich die Säugetiere von den Reptilien unterscheiden. Eine

Ordnung, die der Wale, macht freilich eine Ausnahme von der Regel, sind doch bei den lebenden Formen, wo Zähne überhaupt vorkommen, diese durchwegs gleichartig und als Kegelzähne gestaltet; es besteht also hier eine Homodontie wie bei den bezahnten Reptilien im Gegensatz zur Heterodontie der übrigen Säugetiere. Aber auch hier machen fossile Formen, spez. die Zeuglodontiden, es höchst wahrscheinlich, dass im modernen Verhalten ein sekundärer Zustand, das Resultat der Anpassung an das Wasserleben und eine durchaus einseitige Ernährungsweise vorliegt. Ob freilich den Cetaceenvorfahren ein Gebiss mit echten Molaren zukam, ist allerdings fraglich, sind doch bei den Zeuglodontiden die hinteren Oberkieferzähne wohl zum Teil dreiwurzlig, aber die Kronenhöcker stehen nicht wie bei den typischen Molaren in einer äusseren und einer inneren Reihe, sondern alle hintereinander in einer Reihe. Es wird die Aufgabe der Zukunft sein, nachzuforschen, ob dieser Zustand ein primärer oder ein sekundärer ist.

Es steht ferner ausser Frage, dass der Besitz eines Jochbogens, und zwar ein und derselben morphologischen Bildung, ein ursprünglich allen Säugetieren zukommendes Merkmal ist und dass, soweit unsere myologischen Kenntnisse reichen, dieses Gewölbe, abgesehen von jenen Fällen, wo der Jochbogen überhaupt reduziert ist (s. unten), überall einem Masseter zum Ursprung dient. Damit haben wir all das, was als Vorbedingung einer Jochbogenwirkung im Sinne unserer bei den Primaten gefundenen Schädel-Gebissbeziehungen zu fordern ist. Wir wissen ferner, dass alle Säugetierstämme (von den Kloackentieren, die wohl zu den Multituberculaten genetische Beziehungen haben, abgesehen) sich von primitiven Formen ableiten, bei denen auffallend zugespitzte, scharfe Zahnhöcker an den hinteren Postcaninen bestehen, woraus ebenso wie aus der Gestalt der Kiefercondylen der naheliegende Schluss auf eine orthale Kieferbewegung bei ihnen zu ziehen ist. Sie besitzen ferner ursprünglich alle ein diphyodontes Gebiss, d. h. ihre Zähne entstammen genetisch zwei verschiedenen Zahnserien. Der ersten gehören stets die Milchzähne und die Dauermolaren zu, die zweite liefert die Ersatzzähne, welche stets im hinteren Kieferbereich fehlen. Ihre Kiefer sind von ziemlicher Länge, die Bezahnung ist reich. Ontogenetische und vergleichend anatomische Forschungen lassen für die Säugetiere eine Zahnformel mit $\left|\frac{5\,1\,4\,5\text{—}6}{5\,1\,4\,5\text{—}6}\right.$ Zähnen als Ausgangspunkt erschliessen. In fast allen Säugetierordnungen hat aber dieses zahnreiche Gebiss eine Minderung im Laufe der Stammesgeschichte erfahren und für die Monodelphen kann eine Zahnformel mit $\left|\frac{3\,1\,4\,3}{3\,1\,4\,3}\right.$ Zähnen, also dieselbe, die wir oben

den Urprimaten hypothetisch zubilligten, als Urzustand gelten. Von ihm aus lassen sich alle Befunde der lebenden Formen ableiten und es gehört mit zu den grössten Verdiensten der Palaeontologie, dass sie für zahlreiche Säugetierordnungen die Umwandlung zum heutigen Zustand Schritt für Schritt darlegen konnte. Eine andere Frage, die bisher kaum in Angriff genommen wurde, ist aber die, warum die Säugetiere molariforme Kieferzähne besitzen, die nächstniedrigen Säugetierklassen aber nicht, denn eine Antwort wie die, dass eben die hintersten Zähne als dem Kiefergelenk genäherter sich stärker entfaltet haben müssten (Gegenbaur), ist doch wohl nichts anderes, als eine Umschreibung der Frage selber. Es ist ja a priori auch nicht einzusehen, warum dann nicht auch die hintersten Kieferzähne der Reptilien molariform geworden sind.

Auch ich kann diese Frage nicht strikte beantworten, weil meine Untersuchungen zur Zeit noch keineswegs weit genug fortgeschritten sind, aber ich glaube doch einen Beitrag zur Lösung dieses Problems schon jetzt geben zu können. Dabei müssen wir freilich einen Blick auf die ganze Stammesgeschichte des Schädels werfen, um die nicht gerade einfachen Verhältnisse klar darlegen zu können. Bei höheren Wirbeltieren baut sich der Schädel im wesentlichen aus knöchernen Gebilden auf, der Knorpel tritt ihnen gegenüber wesentlich zurück, spielt aber in der Ontogenie noch eine sehr wichtige Rolle. Bei niederen Wirbeltieren aber (Selachier) ist der Schädel rein knorpliger Natur und zwar sowohl die Gehirnkapsel als der Kieferteil. An ersterer entspringt von der Aussenfläche jene Muskulatur, welche die Kiemenbögen bewegt und ein vorderster Teil von ihr stellt immer einen Heranzieher der Mandibel (M adductor mandibulae) dar. Wie bei den höheren Vertebralen ist diese Kiefermuskulatur vom Nervus trigenimus versorgt, es stellt sich also der Homologisierung kein prinzipieller Widerstand entgegen. Alles spricht dafür, dass jener Knorpelschädel, das Primordialcranium, den ursprünglichen Craniotenschädel repräsentiert und dass die Knochenelemente, die schon bei den Knochenfischen eine grosse Rolle spielen, nur eine sekundäre Beziehung zu jenem besitzen, die freilich im Lauf der Stammesgeschichte immer inniger wurde. Die ersten Knochen entstammen dem Integument, sie sind Hautverknöcherungen, die ursprünglich ganz oberflächlich unter der Epidermis lagern, allmählich aber eine Tiefenverlagerung und eine Annäherung an das Primordialcranium erfahren. Indem sie dann mehr und mehr und zwar in vollkommenerer Weise die Aufgabe desselben, dem Gehirn und den Sinnesorganen als schützende Umhüllung zu dienen, übernehmen, verfällt der Knorpelschädel der Rückbildung und schliesslich nahezu

völligem Schwund. Der Ersatz des knorpligen durch den knöchernen Schädel kompliziert sich dabei weiter dadurch, dass nicht alle Knochen als dem ersteren fremde Elemente, als Deckknochen erscheinen, sondern dass auch der Knorpel selber allmählich Veränderungen erfährt — ganz speziell am basalen Teil der Hirnkapsel — dass Gefässe und mit ihnen Knochenbildungszellen in ihn eindringen und so neben den sog. Deckknochen auch Ersatzknochen

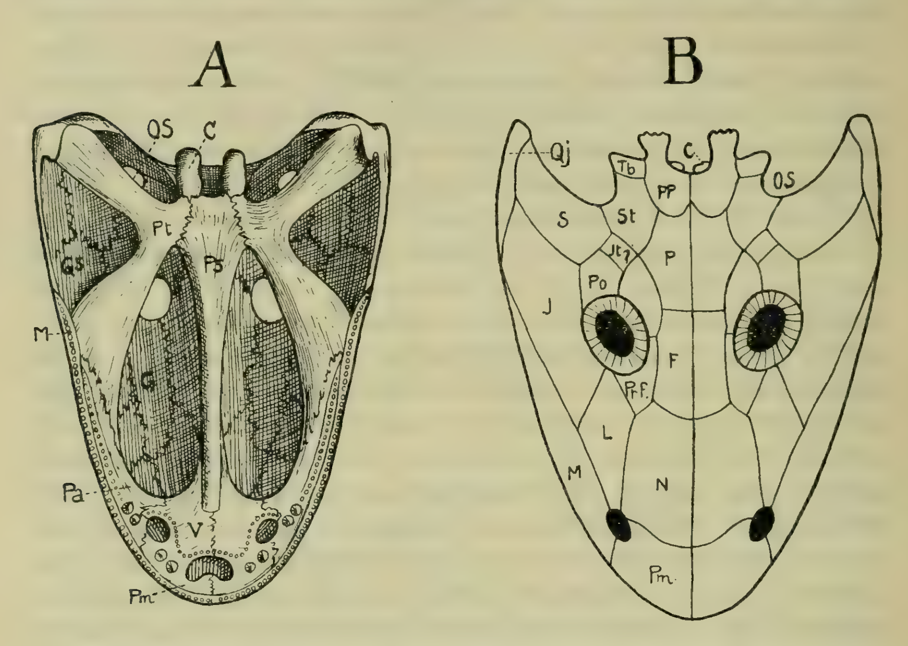


Fig. 17. Stegocephalenschädel. A Basalansicht des Schädels von Cyclotosaurus robustus aus dem unteren Keuper Württembergs (nach E. Fraas aus Zittel-Broili), B Aufsicht auf den Schädel von Cochleosaurus bohemicus aus dem oberen Carbon von Böhmen (nach Broili).

an Stelle praeexistenten Knorpels auftreten. Es kann nicht meine Aufgabe sein, diese Verhältnisse hier im Einzelnen zu schildern.

Wir wollen vielmehr gleich auf die Zustände eingehen, welche uns die ältesten terrestren Wirbeltiere die Stegocephalen zeigen. Hier besteht in der Tat ein ausgesprochener Hautknochenpanzer aus zahlreichen Einzelelementen aufgebaut und ebenso haben sich am Dach der Mundhöhle Knochenplatten ausgebildet (Fig. 17 A u. B). Ihr Primordialcranium kennen wir freilich nicht, aber es bestehen so zahlreiche Anhaltspunkte aus der vergleichenden Anatomie und Embryologie, dass wir immerhin imstande sind, uns eine Rekonstruktion mit annähernder Richtigkeit zu machen. Wir wollen eine

solche auf zwei Schnitten betrachten[1]), erstens durch die Nasengegend (Fig. 18 C), zweitens durch die Schläfengegend (Fig. 18 D) und dabei diese Schnitte in Parallele mit entsprechenden vom Selachierschädel (Fig. 18 A und B) setzen. Wir finden dann, dass in der Nasengegend die Anlagerung von in dem Unterhautzellgewebe entstandenen Deckknochen an das Primordialcranium durch Tiefersinken ohne weiteres möglich ist, weil keine wichtigen Elemente zwischen beiden Skelettgebilden liegen. Anders in der Schläfengegend. Hier

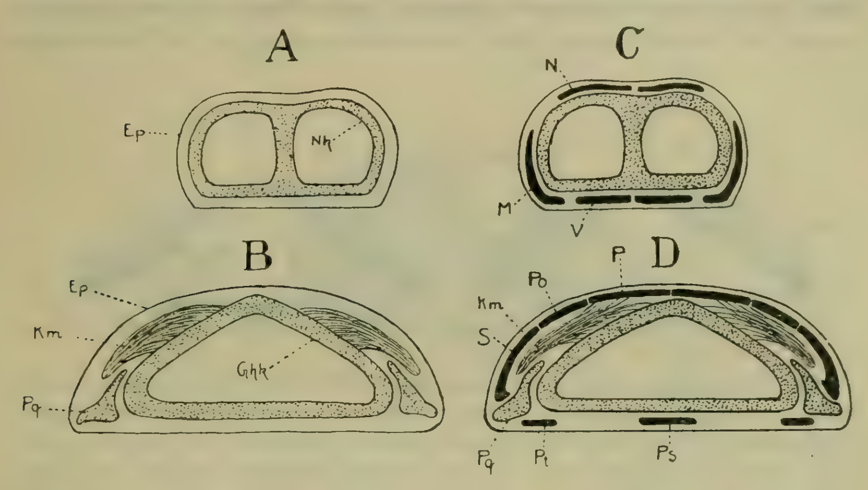


Fig. 18. Schnitte durch den Schädel A und B eines Selachiers, C und D eines Stegocephalen (hypothetisch). A und C sind durch die Nasenregion, B und D durch die Schläfengegend geführt (teilweise nach H. Fuchs). (Erklärung der Buchstabenbezeichnung siehe auf Seite 390.) Knorpel punktiert, Knochen schwarz, Muskulatur in Linien dargestellt.

kann wohl an der Schädelbasis die Anlagerung von Schleimhautknochen der Mundhöhle ohne weiteres ebenfalls statt haben, aber in den seitlichen Teilen des Schädeldaches ist dies undenkbar, hier liegt ja die funktionell bedeutsame Kiefermuskulatur, der Adductor mandibulae, zwischen dem Hautknochenpanzer und dem Knorpelcranium. Nur ganz oben am Scheitel ist, wenn sich die Muskulatur nicht bis oben hin in ihren Ursprung ausdehnte, ebenfalls eine direkte Knochenanlagerung möglich. Ist diese aber erfolgt, so wird es als sehr verständlich gelten dürfen, wenn wir die Annahme machen, dass jene Kaumuskulatur in den oberen Teilen ihres Ursprunges auf die Innenfläche des Deckknochenpanzers sich ausdehnte und dadurch an festerem Gewebe als am Primordialcranium allein Angriffspunkte fand. Diesen

[1]) Ich greife damit einen Gedankengang auf, den vor allem H. Fuchs verfolgt hat, baue ihn aber in Bezug auf das Muskelverhalten weiter aus.

Zustand müssen wir für die Stegocephalen hypothetisch voraussetzen, er differiert sehr wesentlich von dem, was wir bei den lebenden Tetrapoden finden, lässt aber alle verschiedenen Zustände derselben aus sich ableiten. Wie Gegenbaur es für das Teleostiercranium ontogenetisch gezeigt hat, dass hier eine ursprünglich aussen vom Primordialcranium befindliche Verknöcherung entlang von Nervenkanälen und anderen Öffnungen im Knorpelschädel sich auch auf die Innenfläche desselben ausdehnen kann, so dürfen wir wohl auch für den Tetrapodenschädel annehmen, dass, sobald einmal in der Scheitelgegend des Schädeldaches eine Knochenanlagerung an das Primordial-

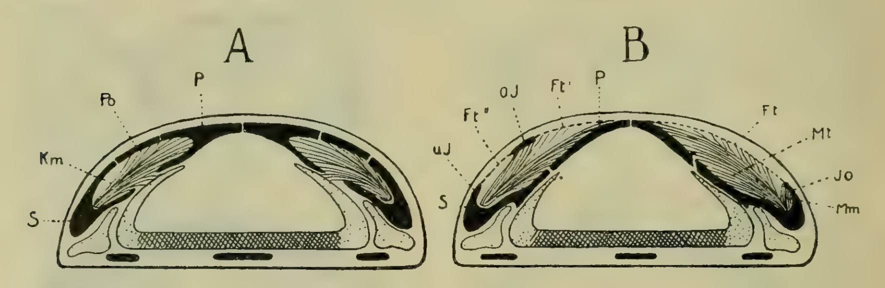


Fig. 19. Schnitte durch die Schläfengegend des Schädels zur Ableitung des Zustandes der amnioten Tetrapoden. A zeigt das Einwachsen von Knochengewebe zwischen Primordialcranium und Kaumuskulatur, B auf der linken Seite den Rhynchocephalenzustand mit 2 Jochbögen, auf der rechten den Säugetierzustand mit nur einem Jochbogen. Art der Darstellung wie in Figur 18, Ersatzknochen ist gekreuzt schraffiert (teilweise nach H. Fuchs). Die Schnitte geben nur über das Ursprungs- und nicht über das Insertionsverhalten der Kaumuskulatur Auskunft. Buchstabenerklärung siehe Seite 390.

cranium erfolgte, sich Knochenelemente von oben und auch unten und den Seiten her zwischen den Knorpelschädel und die Kaumuskulatur vorschoben. Die Annahme wird dadurch erleichtert, dass die Muskulatur in der Ontogenie jeweilen relativ spät sich anlegt, so dass, wenn ein züchtender Reiz — wie oben bei der Grössenentfaltung molariformer Zähne — sich geltend macht, ein allmähliches Vorrücken der Knochenanlage unter der Muskulatur entschieden plausibel wird. Jetzt gewinnt wenigstens ein Teil der Muskulatur an der Aussenfläche der vom Schädelpanzer entstammenden knöchernen Gehirnkapsel Anheftung, während in den unteren Seitenteilen sich noch das Primordialcranium erhalten wird und im basalen Teil Knorpelverknöcherungen den alten Schädel fester werden lassen. Dieser sehr wichtige Zustand, rein hypothetisch erschlossen, ist in Figur 19 A dargestellt. Die Beziehungen zwischen Aussenskelett und Innenskelett des Schädels sind damit innigere geworden.

Der eigentliche Schläfenpanzer erhält sich aber, wie wir wissen, nur bei sehr wenigen Tetrapoden, am reinsten anscheinend noch bei gewissen Schildkröten. Bei den anderen Landwirbeltieren aber erfuhr er wesentliche Reduktion, offenbar weil jetzt, nachdem die Schutzleistung des Knochens für das Gehirn durch die dem Primordialschädel angelagerten Knochen erfüllt wird und damit das Aussenskelett nicht mehr die ursprüngliche grosse Bedeutung besitzt. Diese Reduktion erfolgt unter dem Bilde von Durchlöcherungen, welche Rabl als persistent werdende Fontanellbildungen auffasst, oder durch

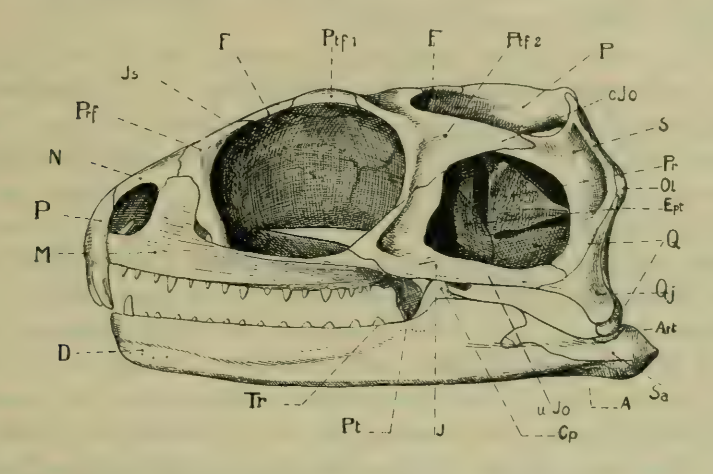


Fig. 20. Seitenansicht des Schädels von Sphenodon (Hatteria) punctatum (nach v. Siebenrock aus Zittel-Broili) zur Demonstration der beiden Schläfenbögen. Buchstabenerklärung siehe Seite 390.

Einschmelzungen vom seitlichen oder hinteren Rande her. Auch diese Vorgänge können wir nicht im Einzelnen verfolgen, nur darauf sei hingewiesen, dass sich alle neueren Craniologen die oberflächlichen Spangenbildungen (S c h l ä f e n- oder J o c h b ö g e n der Tetrapoden) als Reste des Aussenskelettes vorstellen. Die Zahl und Lage dieser Schläfenbögen wechselt, bei Rhynchocephalen (Fig. 20) treffen wir z. B. deren zwei, bei Sauriern nur einen, bei Schlangen gar keinen. Schwierig ist die Deutung der Schläfenbögen bei den anuren Amphibien. Die Literatur über die Homologisierung der Schläfenbögen bei den Tetrapoden ist eine sehr ausgedehnte, aber es scheint mir, als ob das letzte Wort über dieses Problem noch nicht gesprochen sei und es ist die Auffassung wohl begründbar, dass beim Vergleich entfernterer Formen überhaupt nur eine allgemeine und keine spezielle Homologisierung zulässig sei, denn wer verbürgt uns, dass

nicht die Reduktion des Stegocephalen-Schläfenpanzers nicht polyphyletisch erfolgte, dass es nicht analoge, aber nicht absolut identische Stellen waren, von denen die Einschmelzung ausging? Eines aber können wir mit Bestimmtheit sagen, dass Bildungen wie der Jochbogen der Säugetiere, der sog. untere Jochbogen der Rhynchocephalen (Fig. 20), Chelonier, Krokodile und Vögel aus lateralen Teilen (Randpartien) des Schläfenpanzers entstanden sein müssen; das lehrt die Zusammensetzung dieser Bogenbildungen und ihr Verhalten zum Kieferteil des Schädels. Dagegen ist der obere Schläfenbogen der Rhynchocephalen (Fig. 20) und Saurier bestimmt aus medialeren Teilen hervorgegangen.

Kehren wir nun zu dem Schema zurück, das wir in Fig. 19 A gaben und oben besprachen, dann lassen sich die Verhältnisse der verschiedenen Schläfenbögen aus jenem Zustand ableiten. Denken wir uns aus Gründen, die schon angedeutet wurden, den Schläfenpanzer an verschiedenen Stellen sich nicht mehr ausbilden, so wird er Durchlöcherungen erfahren und zwar zwei dann, wenn zwei Schläfenbögen sich erhalten (untere und obere Schläfenlücke in der linken Hälfte von Fig. 19 B) und eine grosse dann, wenn nur ein Schläfenbogen sich aus dem Randteil des Knochenpanzers erhält (rechte Hälfte in Fig. 19 B). Auch zwischen den knöchernen Resten kann sich in Form einer membranösen Platte etwas von der alten Deckplatte erhalten, eine Fascie, die wir mit Recht als Fascia temporalis bezeichnen dürfen. Bei den Säugetieren, die nur einen lateralen Bogen haben, spannt sie sich zwischen den oberen Teilen des Schädeldaches und diesem Jochbogen aus, bei Rhynchocephalen und Sauriern mit zwei Bögen aber treffen wir streng genommen zwei Fasciae temporales, eine obere zwischen Schädeldach und oberem Bogen, eine untere zwischen oberem und unterem Bogen. Auch diese sehnigen Lamellen sind in unserem Schema Fig. 19 B Ft′ und Ft″ eingetragen.

Wie verhält sich nun die Muskulatur? Schon oben wurde erwähnt, dass wir eine Ausdehnung derselben auf die Unterfläche des Hautknochenpanzers anzunehmen haben, dass aber sicher ein Teil derselben auch den alten Ursprung an den Seitenteilen des Primordialcraniums bewahrt, resp. einen solchen sekundär an der Aussenfläche der sekundär entstandenen knöchernen Gehirnkapsel erhält. In letzterem Teil ist der bei allen Tetrapoden bestehende M temporalis zu sehen, wenn ihm auch schon die verschiedensten Namen beigelegt worden sind. Aber auch von der Muskulatur, die an der Innenfläche des Hautknochenpanzers angreift, erhalten sich Teile, offenbar aber verschiedene und es wird davon abhängen, wie weit jene Muskulatur ihren Ursprung lateralwärts verlagerte, ob wir später nur vom oberen

oder auch vom unteren Schläfenbogen Muskelfasern entspringen sehen. Vielfach gibt aber auch die Fascia temporalis für einzelne fleischige Fasern Ursprungsfläche ab. Wenn wir nun erfahren, dass bei Rhynchocephalen (Fig. 21) und Sauriern der obere Schläfenbogen Fasern der Kaumuskulatur Ursprung bietet und ebenso die zwischen ihm und dem Schädeldach gelegene Fascia temporalis (Osawa, Bradley, von Teutleben usw.), dass aber bei Sauriern ein unterer Schläfenbogen, der allein mit dem Jochbogen der Säugetiere in Parallele gebracht werden kann, nicht

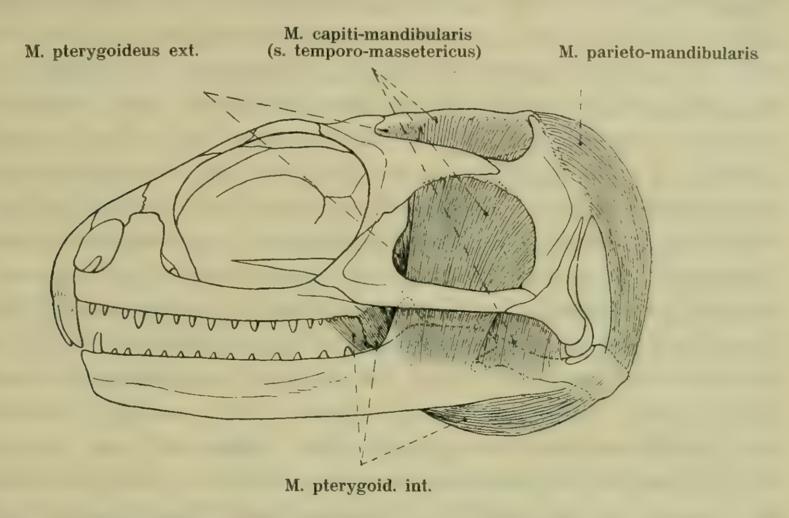


Fig. 21. Kaumuskulatur von Sphenodon (Hatteria) punctatum, unter Benutzung einer Figur und der Darstellungen Osawas in die Schädelkontur eingetragen. Der untere Jochbogen enthält keine Muskelursprünge, sondern nur der obere.

besteht und bei Rhynchocephalen und Krokodilen, wo er vorkommt, keine Ursprünge der Kaumuskulatur an ihm sich finden, dann heisst dies unzweifelhaft, dass dieser untere Bogen sich funktionell unmöglich so verhalten kann wie bei den Säugetieren und es liegt nahe, anzunehmen, dass all die genannten Formen von solchen Stegocephalen abstammen, bei denen die Kaumuskulatur mit ihrem Ursprunge an der Unterfläche des Schädelpanzers nicht bis in die Randbezirke vorgedrungen war (Fig. 19 A und B, linke Hälfte). Für alle die genannten Gruppen der Reptilien aber ist die Abstammung von Formen ziemlich sicher die zwei Schläfenbögen und also auch zwei Schläfenlücken besassen, sie stellen mit den am meisten spezialisierten Schlangen und den Vögeln eine einheitliche Gruppe dar.

Eine zweite Gruppe der Amnioten aber hat eine Reduktion des Schläfenpanzers derart erfahren, dass nur eine Durchbrechung, also

auch nur eine Schläfenlücke entstand, nur in dieser Gruppe treten mahlzahnartige Zähne auf. Bei ihnen ist aus Randteilen des Schläfenpanzers ein Jochbogen hervorgegangen, der vermutlich von Anfang an muskularisiert war (Fig. 19 A und B, rechte Hälfte). Wir kennen wenigstens von den rezenten Vertretern dieser Gruppe nur Formen, bei denen Kaumuskelelemente am Jochbogen angreifen, also ein Masseter — auf dessen Hamologie im einzelnen ich hier nicht eingehen kann —, besteht. So bei den Säugetieren und jenen Schildkröten, die, wie etwa Trionyx (Ogushi), einen unteren Schläfenbogen besitzen. Aber auch bei anderen Schildkröten bestehen deutliche Anzeichen dafür, dass die Kaumuskulatur lateralwärts weite Ausdehnung am Schläfenpanzer besessen haben muss. Unter allen lebenden Tetrapoden erinnert der Schädel von Chelone midas am meisten an die Stegocephalen, wie denn auch moderne Forscher diesem Tier direkt einen stegalen Schläfenpanzer zuschreiben. Bei dieser Form hat das primäre Schläfendach vom Rande her etwelche Reduktion erfahren, ohne dass an irgend einer Stelle eine Durchlöcherung des Schädelpanzers erfolgte und so ist, wie ich den Figuren Rabe's und Schimkewitsch's entnehme, eine Schläfengrube entstanden, die durch Muskelmarken zeigt, dass hier Kaumuskulatur ihren Ursprung hat. Kaumuskelfasern können aber an die Aussenfläche des Schläfenpanzers nur gelangt sein, indem sie erst unter ihm bis an den Rand desselben gekommen waren. Dass hier, wo wohl die laterale Ausdehnung der Kaumuskulatur festzustellen ist, aber kein Jochbogen sich findet, weil eben der Schläfenpanzer grösstenteils erhalten blieb, kein Faktor gegeben ist, welcher uns mechanisch die Entstehung von Mahlzähnen erklären würde, ist ja selbstverständlich, aber wichtig ist die Tatsache der weit nach lateral bestehenden Ausdehnung der Kaumuskulatur ausser allem Zweifel. Sie erklärt uns auch die Verhältnisse einer Form wie Trionyx, wo ein muskularisierter unterer Jochbogen besteht. Hier fehlen aber Zähne wie bei allen lebenden Schildkröten gänzlich, wenn es auch Merkmale gibt, die auf den ursprünglichen Besitz von solchen hinweisen. Die mechanischen Bedingungen zur Entstehung höher organisierter Zähne wären also vorhanden, aber da wie bei den anderen Testudinaten die Zähne in Anpassung an eine ganz einseitige Lebensweise verloren gingen, was wahrscheinlich [1]) geschah, ehe jener Jochbogen sich durch teilweise Einschmelzung des Schläfenpanzers ausbildete, so fehlt eben von vorneherein ein Glied jener Reihe, deren Gesamtbild uns das Werden molariformer Zähne verständlich

---

[1]) Die Trionychiden sind geologisch relativ jungen Datums.

machen könnte[1]). Wir finden also, dass bei allen rezenten Reptilien das Nichtbestehen von Mahlzähnen verständlich ist, weil die Vorbedingungen für jenen Wirkungskomplex nicht erfüllt sind, den wir in der mechanischen Relation zwischen einem muskularisierten unteren, von hinten und etwas seitlich in den zahntragenden Kieferteil des Schädels sich festsetzenden Jochbogens und den hinteren Elementen der Oberkieferzahnreihe festgestellt haben. Anders bei fossilen Formen, die man heutzutage meist den Reptilien zuzählt, und unter ihnen gerade bei jenen Ordnungen, die für den Ursprung der Säugetiere am meisten in Frage kommen, nämlich bei den Theromorphen resp. deren Unterordnung den Theriodontiern. Hier besteht jederseits eine grosse Schläfenlücke am Schädel, ein von hinten her in den Kieferteil des Schädels einstrahlender Jochbogen, hier sind die Zähne differenziert in Schneide-, Eck-, Back- und Mahlzähne und stehen in echten Alveolen. In ihrer ganzen Morphologie reihen sich diese permischen und triasischen Formen an die älteren Stegocephalen mit geschlossenem Schläfenpanzer an. Ist der Schluss zu weitgehend, dass hier auch eine am Jochbogen angreifende Muskulatur bestanden haben müsse? Freilich ist das eine Hypothese, aber nachdem wir bei allen monodelphen Säugetieren das Zusammentreffen von molariformen Zähnen mit einem muskularisierten Jochbogen konstatierten, bei allen lebenden Reptilien aber dieses Zusammentreffen fehlt, wird dieser Schluss zu einem wohlbegründeten. Ganz besonderes Interesse bieten auch andere Theromorphen, nämlich die Cotylosaurier, denn hier finden wir speziell die hinteren Kieferzähne quer zur Kieferachse verbreitert, sehen bereits mehrere, meist zwei Zahnhöcker an ihnen auftreten, was nur so zu deuten sein kann, dass hier ein Aufbeissen oberer auf untere Zähne statthatte. In der Tat ist eine grosse Schläfenlücke und ein Jochbogen auch für sie nachgewiesen. Wir sehen also bereits bei sehr alten, und den ursprünglichen Reptilien zugerechneten Unterordnungen der Theromorphen, d. h. jener Gruppe die nach allen neueren Untersuchungen am meisten als die Stammgruppe der Säugetiere und der rezenten Reptilienordnungen anzusehen ist, eine Scheidung vorhanden in Formen, bei welchen ein

---

[1]) Die fossile Gruppe der Placodontier aber, die mit manchen Testudinaten gemeinsame Baumerkmale besitzt, charakterisiert sich sowohl durch den Besitz eines lateralen Jochbogens als auch pflasterförmiger Zähne in den hinteren Teilen der Kiefer. Möglich, dass hier eine parallele Entwicklung zu jener der Säugetiere vorliegt. Freilich ist das Auftreten von pflasterartigen Zahngebilden am Gaumen derselben Familie eine ganz eigenartige Erscheinung.

Auftreten von höher differenzierten Kauzähnen und ein unterer, wie wir annehmen muskularisierter Jochbogen zu konstatieren ist und zweitens in solche, bei denen der alte Schläfenpanzer noch mehr oder weniger einheitlich fortbesteht, oder, wo Jochbogenbildungen sich antreffen lassen, gleichzeitig keine eigentlichen Kau-, sondern nur Kegelzähne gefunden werden. Diese letzteren Formen weisen in die Richtung der Rhynchocephalen, Saurier und Krokodile und deshalb ist der Schluss zulässig, dass hier, wo ein unterer Jochbogen bestand, derselbe ebensowenig muskularisiert war, wie bei den modernen Formen.

In welcher Weise jene ersten echten mehr oder weniger molariformen Kauzähne entstanden sind, das können wir freilich zurzeit nicht sagen, die realen Unterlagen sind noch zu wenig umfangreich, um hierüber Genaueres mitzuteilen. Es ist aber schon etwas erreicht, wenn wir zu sagen vermögen, dass hier das Auftreten solcher different gebauter Zähne uns verständlich ist, weil alles dafür spricht, dass die funktionellen Faktoren so liegen, dass der Kiefermechanismus kein rein schnappender mehr war, sondern ein eigentliches Beissen, d. h. die Erzeugung von Druck und Gegendruck aus gleicher Ursache statthatte. Dies aber setzt voraus, dass die Zähne beider Kiefer nicht mehr wie bei den heutigen bezahnten Reptilien beim Kieferschluss so ineinander eingreifen, wie etwa die Zähne eines Zahnrades in dessen Schiene, sondern dass sie aufeinander treffen. Ein Zustand, der bei den Cotylosauriern unzweifelhaft bestand. Von palaeontologischer Seite (Cope und Osborn) ist schon vor längerer Zeit mit grossem Geschick der Versuch gemacht worden, die Entstehung mehrhöckriger Kauzähne durch das Auftreten von Nebenspitzchen an Kegelzähnen zu erklären, welche allmählich grösser werdend eine eigentliche Kaufläche liefern sollen. Dabei werden auch Verschiebungen der Zahnhöcker zu einander postuliert derart, dass die ursprünglich reihenartig nebeneinander stehenden Spitzen zu einander in eine Stellung in zwei Reihen gelangen. In der Tat macht die Entfaltung von sekundären Nebenspitzchen an den Mahlzähnen echter Säugetiere, die ebenfalls Lageverschiebungen erfahren, diesen Entstehungsmodus wahrscheinlich. Es lässt sich aber a priori nicht die Möglichkeit von der Hand weisen, dass auch Verschmelzungen ursprünglich differenter Zahnkeime bei der Entstehung des trituberculären Zahnes eine gewisse Rolle spielten, wie dies speziell die Embryologen im allgemeinen annehmen. Die Stellungnahme der Forscher wird dabei im wesentlichen beeinflusst von der grösseren oder geringeren Bewertung der Ontogenie für die phylogenetische Forschung überhaupt. Die Ontogenie verdeckt aber in so vielen

Fällen die wahre Stammesgeschichte, schlägt andere und abgekürzte Wege ein, dass der vorsichtige Beurteiler ihre Ergebnisse gerade in bezug auf die angeschnittene Frage nur mit grösster Reservation verallgemeinern wird. So gut ein Röhrenknochen z. B. das Femur eines Säugetieres dem gleichen Knochen eines Vogels oder Reptils entspricht, trotzdem er dort aus drei Knochenanlagen, hier aber nur aus einer hervorgeht, so gut wird aller Wahrscheinlichkeit nach der mehrhöckrige Postcaninus eines Säugetieres das differenzierte Homologon eines Kegelzahnes, z. B. der Reptilien darstellen. Dass in manchen Fällen aber auch Verschmelzungsvorgänge bei der Herausbildung komplizierter Zahnformen in sekundärer Weise mitspielen, kann wohl nicht bestritten werden, dass dies aber bei der Ausbildung der relativ so gleichartigen Zahnform postcaniner Elemente primitiver Säuger der Fall war, ist recht unwahrscheinlich, wenn auch nicht ganz unmöglich.

Von jeher ist den Untersuchern die auffallende Ähnlichkeit im Kronenbau postcaniner Zähne bei den primitivsten Säugetieren aufgefallen. Sie spiegelt sich wieder in der Gleichartigkeit des Jochbogenverhaltens bei ihnen und vor allem in der Einstrahlung desselben in den Oberkiefer mehr von hinten als von der Seite her, wodurch der Jochbogendruck auf eine relativ grosse Strecke sich verteilen muss. Ganz anders, so bald der Zerfall in differente Ordnungen statthatte. Hier ist das Mahlzahnverhalten ebenso different, wie das Verhalten des Jochbogens; gleichzeitig ist aber auch die Ernährungsweise vielfach eine spezialisierte geworden. In vielen Fällen ist die Anpassung des Zahnbaues an die letztere eine so auffallende und ausgesprochene, dass wir eben diesem Faktor bei der Aus- und Umgestaltung des Säugetiergebisses und seines Kiefermechanismus eine sehr grosse Rolle zubilligen müssen.

Noch ein anderes charakterisiert in auffallender Weise alle Säugetiere, nämlich der Besitz eines einheitlichen Unterkiefers, während derselbe bei den Reptilien und allen niederen Wirbeltieren sich aus mehreren Knochenelementen aufbaut. Ohne auf die Entstehung dieses Zustandes einzugehen, können wir doch die Zweckmässigkeit dieses Zustandes für einen Kiefermechanismus, bei dem das feste Zubeissen ursprünglich eine sehr grosse Rolle spielt, also auch die eigentliche Kaumuskulatur an einem möglichst festen Knochen angreifen muss, betonen.

Ich glaube also, dass der Erwerb komplizierterer Kieferzähne bei den Säugetieren im Zusammenhang steht mit dem Besitze eines muskularisierten Jochbogens, und dass die Ausbildung der verschiedenen Gebissformen sich grundsätzlich

erklären lässt: aus der Anpassung an verschiedene Ernährungsweise, aus Verschiebungen des Jochbogens, die offenbar im Zusammenhang mit der Entfaltung des Gehirnschädels stehen und aus dem sekundären Erwerb verschiedener Arten der Unterkieferbewegung. Es spielen also zahlreiche Faktoren bei der Ausbildung des Säugetiergebisses aus dem ursprünglich gleichartigen Zustande eine wichtige Rolle und erklären mehr oder weniger die Vielseitigkeit der erlangten Besonderheiten.

Auf solche sekundäre Bedingungen führe ich auch die eigenartigen Befunde zurück, die sich bei einigen Säugetieren (gewisse Insectivoren, Chiropteren und Edentaten) antreffen lassen, bei denen der Jochbogen mehr oder weniger geschwunden ist. Dass dies kein primärer Zustand ist, wird durch das ontogenetische Auftreten des Jochbogens bewiesen, wie es z. B. für Sorex von Ärnbäck-Christie-Linde festgestellt ist. Beim erwachsenen Tier findet sich die Anheftung des Masseter ganz nach vorne auf das Maxillare verschoben. Die Ursache dieser sehr eigenartigen Ursprungsverschiebung des Kaumuskels sieht der genannte Autor in einer sekundären Veränderung der Ernährungsweise und der Art die Nahrung aufzunehmen. Eine ganz gewaltige Entfaltung des M. temporalis bei demselben Tiere ist offenbar der Grund dafür, dass sich die molariformen Zähne, die sich ursprünglich unter ganz anderen Faktoren, als noch ein Jochbogen bestand, herausgebildet haben dürften, forterhielten. Auch bei den Zahnwalen ist eine starke Reduktion des Jochbogens festgestellt. Ihr Zusammentreffen mit der oben erwähnten Homodontie zeigt uns von vornherein, dass der Kieferschluss hier durchaus nach Art der Reptilien erfolgt und deshalb ein Masseter keine eigentliche Aufgabe mehr besässe. Er wie der Jochbogen sind der Rückbildung verfallen.

Buchstabenerklärung zu den Figuren 17—20.

A. Angulare, *Art.* Articulare, *C.* Condyli occipitales, *Cp.* Complementare, *D.* Dentale, *Ep.* Epithel des Integumentes, *Ept.* Epipterygoid, *F.* Frontale, *Ft.* Fascia temporalis, *G.* Gaumengruben, *Gs.* Gaumenschläfengrube, *Ghk.* Gehirnkapsel, *Jo.* Jochbogen, *o. J.* oberer, *u. J.* unterer Jochbogen, *I.* Jugale, *It.* Intertemporale, *Is.* Interorbitalseptum, *Km.* Kaumuskulatur, *L.* Lacrymale, *M.* Maxillare, *Mm.* Musculus masseter, *Mt.* Musculus temporalis, *N.* Nasale, *Nk.* Nasenkapsel, *Os.* Ohrschlitz, *Ol.* Occipitale laterale, *P.* Parietale, *Pa.* Palatinum, *Pm.* Praemaxillare, *Po.* Postorbitale, *PP.* Postparietale, *Pq.* Palatoquadratum, *Pr.* Prooticum, *Prf.* Praefrontale, *Ps.* Parasphenoid, *Pt.* Pterygoid, *Ptf.* Postfrontale, *Q.* Quadratum, *Qj.* Quadratojugale, *S.* Squamosum, *Sa.* Supraangulare, *St.* Supratemporale, *Tb.* Tabulare, *Tr.* Transversum, *V.* Vomer.

Kurzer Literaturnachweis.[1])

Adloff, P. Differenzierung des Primatengebisses. Zeitschrift f. Morph. u. Anthrop. Bd. 11 und Deutsche Monatsschrift f. Zahnheilkunde 1909.

Phylogenese des Primatengebisses und Zukunftsgebiss des Menschen. Zeitschrift f. Morphol. u. Anthrop. Bd. 13. 1911.

Besonderheiten des menschl. Gebisses und ihre stammesgeschichtliche Bedeutung. Ebenda Bd. 10. 1906.

Zur Entwicklung des Säugetiergebisses. Anatom. Anz. Bd. 26. 1905.

Vererbung und Auslese im Zahnsystem des Menschen. Deutsche Monatsschrift f. Zahnheilkunde 1911.

Ärnbäck-Christie-Linde. Bau der Soriciden. Morphol. Jahrb. Bd. 36. 1907.

Bluntschli, H. Gebiss des Menschen als Zeugnis seiner Vergangenheit. Wissen und Leben. Bd. I. Zürich 1907.

Gebiss der Platyrrhinen. Bull.-annexe de la Revue suisse de Zoologie. T. 19. No. 1. 1911.

Das Platyrrhinengebiss und die Bolksche Hypothese. Verhdlg. d. Anat. Gesellsch. 25. Vers. Leipzig 1911.

Bolk, L. Die Differenzierung des Primatengebisses. Petrus Camper. Bd. 4. 1907.

Phylogenese des Primatengebisses und Zukunftsgebiss des Menschen. Zeitschrift f. Morphol. u. Anthrop. Bd. 13. 1910.

Bradley, O. Ch. The Muscles of Mastication in Lacertilia. Zoolog. Jahrb. Abt. Anat. u. Ontog. Bd. 18. 1903.

de Terra, M. Odontographie der Menschenrassen. Naturw. Dissert. Zürich 1905.

Fuchs, H. Betrachtungen über die Schläfengegend am Schädel der Quadrupeda. Anatom. Anz. Bd. 35. 1909.

Gaupp, E. Entwicklung des Kopfskeletes in Hertwigs Handbuch der Entwicklungslehre der Wirbeltiere. 3. Band, 2. Teil. 1905.

Gegenbaur, C. Primäre und sekundäre Knochenbildung und die Lehre vom Primordinalcranium. Jenaische Zeitschrift Bd. III. 1867.

Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere. Bd. I. 1898.

Jäckel, O. Die Wirbeltiere. 1911.

Klaatsch. Kraniomorphologie und Kraniotrigonometrie. Arch. f. Anthrop. Neue Folge. Bd. 7. 1909.

Loos. Ursache des Längerwerdens der Zähne bei fehlenden Antagonisten. Strassburg. 1909.

Ogushi, K. Anat. Studien über Trionyx. Morph. Jahrb. Bd. 43. 1911.

Osawa, G. Beiträge zur Anatomie der Hatteria. Archiv f. mikr. Anat. Bd. 51. 1898.

Osborn. American Eocene Primates. Bull. of the Americ. Mus. of nat. hist. Vol. 16. 1902.

Evolution of mammalian molar teeth. New York 1907.

Rabl, C. Über einige Probleme der Morphologie. Verhdlg. d. Anat. Gesellsch. 17. Verh. Heidelberg 1903.

Rosenberg. Umformungen an den Incisiven des Menschen. Morphol. Jahrb. Bd. 22. 1895.

Schimkewitsch, W. Lehrbuch der vergl. Anatomie der Wirbeltiere. 1910.

---

[1]) Ich führe hier keineswegs alle durchgesehenen Publikationen auf, sondern nur jene, auf welche sich meine obigen Ausführungen beziehen.

von Teutleben, E. Über Kaumuskeln und Kaumechanismus bei den Wirbeltieren. Archiv für Naturgesch. 40. Jahrg. Bd. I. 1874.

Toldt, C. Der Winkelfortsatz des Unterkiefers und die Beziehungen der Kaumuskeln zu demselben. Sitzber. Akad. d. Wiss. Wien. Math. natw. Kl. Abtlg. III. Bd. 113 u. 114. 1904—1905.

Wallace J. Sim. Erblichkeit in bezug auf die Verminderung der Grösse des Kiefers mit forschreitender Kultur. Verhdlg. der europ. Gesellschaft für Orthodontie. Wien. Juli 1910. Heft 4.

Walkoff, O. Der Unterkiefer der Anthropomorphen und des Menschen in seiner funktionellen Entwicklung und Gestalt, in Selenka. Menschenaffen. 4. Lieferung. 1902.

Weber, Max. Die Säugetiere. Jena 1904.

Wortmann. Studies of Eocene Mammalia in the Marsh. Collection, Peabody Museum. Americ. Journ. of Science 4. Serie. Vol. 15 u. 17. 1903 u. 1904.

Zittel. Handbuch der Palaeontologie. I. Abtlg. Bd. III u. IV. 1887—1893.

Grundzüge der Palaeontologie, neu bearbeitet von Broili, Koken und Schlosser. Bd. II. 1911.

Die Rolle der Schilddrüse im Körperhaushalt und der Kropf.

Nebst Hinweisen auf die wirtschaftliche Bedeutung der Kropfkrankheit. [1])

Von

ADOLF OSWALD.

Das hier zu behandelnde Thema muss in unserem Lande allgemeines Interesse bieten, ist es doch die Schilddrüse, deren Vergrösserung den Kropf darstellt, ein Leiden, das bei uns — ebenso wie in den angrenzenden Alpengebieten Österreichs, Italiens und Frankreichs — ausserordentlich verbreitet ist.

Für Viele ist die Intumeszenz des Organs nicht Ursache besonderer Beschwerden und wird das ganze Leben hindurch getragen, ohne dass dadurch die Lebensdauer gekürzt wird, oder scheinbar sonstige Störungen daraus erwachsen. Manche haben jedoch Atembeschwerden, und werden aus diesem Grunde veranlasst, den Chirurgen aufzusuchen, oder sie erleiden mit der Zeit Störungen von Seiten der Herztätigkeit, wie Beklemmungen, Herzklopfen, unregelmässigen Puls, Vergrösserung des Herzens und andere Erscheinungen. Sie haben das, was man als Kropfherz bezeichnet, einen Zustand des Herzens, der sich, wie man annimmt, unter dem Einfluss veränderter Schilddrüsentätigkeit mit der Zeit herausbildet, und der für den Träger verhängnisvoll werden kann. Auch hier kann, wenigstens im Beginne des Leidens, das Messer des Chirurgen heilbringend wirken.

Mit diesen Zuständen ist jedoch die Bedeutung, welche der Kropfkrankheit zukommt, noch keineswegs abgeschlossen. Wir kennen eine mit dem Kropf in sehr engem Zusammenhang stehende Krankheitsform, die bei uns ebenfalls sehr verbreitet ist, und welche noch mehr wie der Kropf unser Aller Interesse beansprucht. Es ist dies der Kretinismus, ein Zustand, dessen äussere Merkmale

[1]) Nach einem im Januar 1911 in der Naturforschenden Gesellschaft Zürich gehaltenen Vortrag.

Jedem bekannt sind, der einmal unsere intensivsten Kropfzentren durchwandert hat. Jeder hat schon da oder dort in unseren Gegenden eines jener armen Geschöpfe gesehen, die in geistiger Beschränkung und körperlicher Verkümmerung ihr trauriges Dasein fristen, halb Tier halb Mensch, mitunter auf niederiger als tierischer Stufe stehend, eine Last für die Mitmenschen. Wohl ist die Degeneration nicht bei allen Kretinen so weit fortgeschritten, und nicht alle sind für die menschliche Gesellschaft unbrauchbar. Es gibt welche, die noch über einen ansehnlichen Intelligenzgrad verfügen und ihr Brot in befriedigender Weise verdienen. Ja es können auch die körperlichen Zeichen des Kretinismus bestehen, ohne dass der Geist darunter leidet. Man findet Menschen mit ausgeprägtem Kretintypus, deren Intelligenz gegenüber Gesunden nicht vermindert ist und die sogar hohe Ämter zu bekleiden imstande sind. Zwischen diesen beiden Extremen sind alle Zwischenglieder zu finden.

Zu der kretinischen Degeneration gehört noch ein weiteres, bei uns ebenfalls verbreitetes und deshalb auch unseres Interesses wertes Übel, die Taubstummheit. Zwar ist nicht jede Form der Taubstummheit hieher zu rechnen. Es gibt Taubstumme im Anschluss an verschiedene Erkrankungen. Für viele ist aber ein Zusammenhang mit dem Kretinismus ausser Zweifel gesetzt. Es stellt dort die Taubstummheit den höchsten Grad der kretinischen Entartung dar.

Ist nun die Zahl der mit ausgesprochenem Kropf Behafteten und dadurch in Erwerb und Tätigkeit Beeinträchtigten, ebenso der Kretinen und Taubstummen an und für sich schon erschreckend gross — Zahlen werden weiter unten folgen — so ist damit der verderbliche Einfluss der Kropfkrankheit noch nicht erschöpft. Wir werden weiter unten sehen, dass das Übel noch weitere und tiefere, vielfach verkannte oder noch nicht genügend gewürdigte Ausläufer hat, und durch seine unterminierende Tätigkeit die Gesundheit und Leistungsfähigkeit unseres Volkes in einer Weise schwächt, die in schreiendem Gegensatz zu der Indolenz steht, die man ihr gegenüber als einem unvermeidlichen und unausrottbaren Leiden an den Tag legt.

Um die Beziehungen der Schilddrüse zu den erwähnten Erkrankungen dem Verständnis näher zu bringen, ist es notwendig, dass wir uns über die Funktionen des Organs etwas verbreiten und auch einige Krankheiten in den Kreis unserer Besprechung ziehen, die mit der Schilddrüse in Zusammenhang stehen und bei denen der ursächliche Konnex sich in einwandfreierer und klarer Weise dartun lässt, als es wenigstens für die zwei zuletzt angeführten Krankheiten zur Zeit möglich ist. Aus diesen Betrachtungen wird

sich ergeben, dass die Drüse eine hochwichtige Rolle im Körperhaushalt spielt, und dass ihre normale Funktionierung für die richtige Entwickelung des Körpers und die Aufrechterhaltung seiner Gesundheit ein unerlässliches Postulat ist.

Die Schilddrüse ist an der Vorderseite des Halses zu beiden Seiten des Kehlkopfes gelegen und besteht aus zwei Lappen, die unter sich durch einen schmäleren Teil verbunden sind und die beide beim Menschen im nicht vergrösserten Zustande ungefähr die Grösse einer Pflaume haben. Sie stellt, wie der Name sagt, eine Drüse dar, d. h. hat den histologischen Bau eines sezernierenden Organs. Histologisch findet man kleine Bläschen, die mit Epithel ausgekleidet sind und in deren zentralem Lumen eine strukturlose Masse liegt, das Kolloid, das von den Anatomen schon lange als Sekret betrachtet wird. Physiologisch unterscheidet sich die Drüse von andern Drüsen, wie Speicheldrüsen, Leber usw. dadurch, dass sie keinen Ausführungsgang besitzt, und das ist der Grund, warum sie lange Zeit von den Physiologen nicht als Drüse anerkannt wurde. Heutzutage wissen wir, dass sie ihr Sekret an die Lymphgefässe und von dort an das Blut abgibt, und somit zu den Drüsen mit innerer Sekretion zu rechnen ist. Die Schilddrüse ist ausserordentlich stark mit Blutgefässen versehen. Aus dieser Tatsache allein dürfen wir auf eine hohe Bedeutung im Stoffhaushalt schliessen. In dieser Hinsicht ist sie vielleicht nur noch mit der Leber zu vergleichen, in der ebenfalls für den Stoffauf- und -abbau wichtige Vorgänge sich abspielen.

Über die Bedeutung der Schilddrüse herrschte bis in das letzte Drittel des vergangenen Jahrhunderts völliges Dunkel. Liest man die älteren Bücher durch, so findet man die sonderbarsten Vorstellungen über ihre Funktion. Ich versage es mir, auf sie einzugehen, da ihre Aufzählung nur noch historischen Wert hat.

Dass die Schilddrüse eine für den Allgemeinzustand des Körpers bedeutsame Rolle spielt, ist erst in den 70er Jahren des verflossenen Jahrhunderts entdeckt worden.

Im Jahre 1873 beschrieb der englische Arzt W. Gull einen Symptomenkomplex, den er als kretinoiden Zustand bezeichnete und den dann W. Ord im Jahre 1877 als besondere Krankheit unter dem Namen Myxödem beschrieb. Zwei Jahre später beschrieb ihn Charcot unter dem Namen Cachexia pachydermica. Bei diesem Zustande wurde eine pathogenetische Beziehung zur Schilddrüse vermutet, und zwar derart, dass Schwund der Drüse ihn bedinge. Gewissermassen den experimentellen Beweis hierzu lieferten Beobachtungen, welche im Jahre 1882 Reverdin und im Jahre 1883 Kocher gemacht haben. Es war damals, dank den Fortschritten der Chirurgie, möglich ge-

worden, Menschen, die an Kropf litten und von ihm unerträgliche und gefahrdrohende Beschwerden hatten, von demselben zu befreien. Bei Menschen, denen sie den Kropf in seiner Totalität herausgeschnitten hatten, sahen nun die beiden Chirurgen bald nach der Operation allmählich einen Krankheitszustand sich ausbilden, welcher die grösste Ähnlichkeit hatte mit der eben erwähnten Erkrankung. Reverdin nannte ihn operatives Myxödem, Kocher strumiprive Kachexie.

Schon früher, im Jahre 1856, hatte der Genfer Physiologe Schiff die Beobachtung gemacht, dass Tiere, denen er die Schilddrüse zu experimentellen Zwecken entfernt hatte, wie das vor ihm auch schon andererseits geübt worden war, einem eigenartigen Krankheitszustand verfielen, der mit dem eben erwähnten gewisse Ähnlichkeit hatte. Seine Befunde hatten aber damals, weil vereinzelt und nicht weiter verfolgt, und hauptsächlich auch weil zu keiner beim Menschen damals bekannten Erkrankung in Beziehung stehend, keine allgemeine Beachtung gefunden.

Durch alle diese Beobachtungen war festgestellt, dass die Schilddrüse jedenfalls eine bedeutende Funktion besass, und dass ihre Entfernung nicht gleichgültig war. Bei der späteren Wiederaufnahme seiner Versuche erhob Schiff den Befund, dass, wenn die herausgeschnittene Schilddrüse dem Versuchstier in die Bauchhöhle eingenäht wurde und sie dort festwuchs, die Folgen ihrer Exstirpation ausblieben. Er zog den richtigen Schluss daraus, dass das Organ in der Weise seine Funktion ausübe, dass es einen für den Körper nötigen Stoff produziere. Im Jahre 1889 verwertete Bircher, der chirurgische Leiter des Kantonsspitals in Aarau, diesen Befund praktisch, indem er einer an strumipriver Kachexie erkrankten Frau ein Stück eines einem andern Menschen entnommenen Kropfes in die Bauchhöhle einnähte. Der Erfolg war frappant, die Krankheitssymptome schwanden. Hierdurch sowie durch Schiffs Befunde war der Beweis erbracht, dass die Schilddrüse oder der Kropf an einer von ihrem natürlichen Standort weit entfernten Stätte ihre Funktion soweit wenigstens auszuüben imstande ist, als die durch ihre Herausnahme bedingten Erscheinungen wieder verschwinden. Der Heilerfolg ist in solchen Fällen kein dauernder, weil die eingepflanzte Drüse allmählich der Resorption verfällt und ihre Funktion damit erlischt. Versuche an Tieren bestätigten diese Befunde.

Später schritt man in der Erkenntnis dieser dunklen Vorgänge weiter. Der englische Arzt Murray injizierte subkutan ein Glyzerinextrakt aus der Schilddrüse und erreichte wieder den gleichen günstigen Erfolg. Und später nahm man sich auch nicht mehr die

Mühe, einen Extrakt herzustellen, sondern die beiden Ärzte Howitz und Mackenzie verabreichten frische und gekochte Schilddrüsen durch den Mund; auch wieder mit dem gleichen Erfolg. Dieses Verfahren wurde in der Folge dahin modifiziert, dass man, nach dem Vorgange von White, getrocknete und mit Milchzucker, Kakaopulver oder anderen Ingredienzien verriebene und zu Tabletten geformte Schilddrüsen verabreichte. Dieser Darreichungsmodus ist heute noch üblich. Durch diese „Substitutionstherapie" war endgültig und unzweideutig erwiesen, dass die Drüse tatsächlich dadurch wirkt, dass sie eine Substanz produziert und in ihrem Innern enthält, welche ihre Funktion vermittelt, d. h. also, dass sie auf chemischem Wege wirksam ist.

Im Jahre 1895 machte nun der physiologische Chemiker, Baumann, die Entdeckung, welche damals mit Recht grosses Aufsehen erregte, dass die Schilddrüse eine erhebliche Menge Jod enthalte und dass dieses Jod in organischer Bindung vorhanden sei. Gleichzeitig isolierte er eine Substanz, welche bei ihrer Einnahme den gleichen Effekt erzielte, wie wenn die gesamte Schilddrüse eingegeben wird. Damit war der erste Schritt zu einer planmässigen, chemischen Erforschung der Schilddrüsenwirkung getan. Das grösste Interesse wurde dem Jod entgegengebracht, war doch vorher sein Vorkommen im Organismus des Menschen und der Wirbeltiere nicht bekannt. In der ganzen organisierten Welt hatte man nur die Seetange und den Badeschwamm als jodhaltig gekannt.

Baumann hatte die Beobachtung gemacht, dass der Jodgehalt der Schilddrüsen Schwankungen unterworfen ist. So hatte er weniger Jod in Schilddrüsen gefunden, die aus Freiburg i./Breisgau stammten, woselbst er seine Untersuchungen machte, als in solchen aus Hamburg und Berlin. Bei ersteren betrug der Jodgehalt durchschnittlich 2,5 mg, bei denen aus Berlin 6,6 und bei denen aus Hamburg 3,8. Er glaubte diese Tatsache mit der Kropfendemie in Freiburg in Zusammenhang bringen zu dürfen, da in der Tat das durchschnittliche Trockengewicht der Drüsen, nach seiner allerdings nicht sehr ausgedehnten Statistik, in Freiburg höher war als in Berlin und Hamburg. Ausserdem hatte er in einigen von ihm untersuchten Kröpfen weniger Jod gefunden als in nicht vergrösserten Schilddrüsen. Diese Tatsache war geeignet, eine Ursache für den Kropf abzugeben. Es war schon lange bekannt, dass man durch Einreiben des Halses mit jodhaltigen Salben den Kropf zur Verkleinerung bringen kann. Es hatte also den Anschein, als ob der Kropf auf einem Jodmangel beruhte. Fehlt Jod, so entsteht Kropf, führt man es wieder zu, so verschwindet er wieder. Leider erwies sich dieser

Zusammenhang nicht als so einfach. In einer ausgedehnten statistischen Untersuchung an etwa 200 Schilddrüsen und Kröpfen aus der Schweiz, welche ich in den Jahren 1896 und 1897 angestellt habe, fand ich, dass zwischen dem Jodgehalt der Schilddrüse und dem kropfig entarteten Organ ein Zusammenhang besteht, aber derart, dass in der Schweiz, also in einer Kropfgegend, der Jodgehalt der Schilddrüsen weit grösser ist als in kropffreien Gegenden. So fand ich den durchschnittlichen Jodgehalt bei uns zu 9,2 mg, während er in kropffreien Gegenden bis auf 4 mg heruntergeht. In ausgesprochenen Kröpfen sind die Werte grösser, sie betragen dort 40—50—80 mg, ja in einem aus Lausanne stammenden Kropf fand ich sogar 99 mg, also beinahe 1 dg Jod. Für den Jodgehalt ist die anatomische Beschaffenheit des Kropfes massgebend. Ich werde später hierauf zurückkommen. Es gibt auch Kröpfe, die wenig Jod enthalten, ja sogar weniger als nicht vergrösserte Drüsen.

Bei meinen Untersuchungen stiess ich auf eine Erscheinung, welche die Bewertung meiner Resultate wesentlich erschwerte. Die Schilddrüsen waren alle weit grösser, als sie es in kropffreien Ländern zu sein pflegen. In den Handbüchern liest man, dass das Gewicht der Schilddrüse beim erwachsenen Menschen rund 22—25 g betrage, nach anderen Autoren kann es bis auf 35 g steigen. Ein Gewicht von über 50 g wird aber bereits als der Ausdruck einer kropfigen Vergrösserung betrachtet. Unter allen meinen Drüsen waren nun bloss 16 % leichter als 40 g und 27 % leichter wie 50 g, 73 % waren dagegen schwerer als 50 g und 60 % schwerer als 60 g.

Meine Drüsen waren alle aus pathologisch-anatomischen Instituten und Spitälern der Schweiz (Zürich, Bern, Basel, Aarau, Genf, Lausanne) bezogen worden, und zwar ohne Auswahl, wie sie der Zufall in die Hände des Obduzenten lieferte. Ihr durchschnittliches Gewicht durfte daher als ein allgemeiner Durchschnittswert angesehen werden. Daraus dürfen wir schliessen, dass ³/₄ aller Menschen bei uns eine vergrösserte Schilddrüse besitzen, d. h. von vier Menschen haben drei ein vergrössertes Organ. In der Tat haben auch statistische Erhebungen an Lebenden ergeben, dass ein ganz enorm hoher Prozentsatz bei uns eine gegenüber kropffreien Ländern vergrösserte Drüse hat, mit anderen Worten einen Kropf. In manchen Gegenden sind es deren 90 %. Ich komme hierauf noch zurück und werde zeigen, welche Bedeutung dieser Tatsache beizumessen ist. Ich erwähne sie hier nur kurz im Zusammenhang mit dem Jodgehalt. Der höhere Jodgehalt der Drüsen bei uns hängt sonach mit einer Vergrösserung des Organs zusammen. Vergleicht man den Jodgehalt mit dem Gewicht, d. h. berechnet man den relativen Jodgehalt, so

ergibt sich, dass das gleiche Drüsengewicht in Kropfgegenden eher weniger Jod enthält als in kropffreien Territorien. Ich erwähne noch, dass im Alter der Jodgehalt abnimmt, und dass er auch im Kindesalter geringer ist als beim Erwachsenen. Beim Neugeborenen ist die Drüse sogar jodfrei.

Ich komme nun auf die Jodverbindung der Schilddrüse zurück. Ich sagte, dass Baumann eine Substanz aus der Drüse gewonnen hatte, die Jod in organischer Bindung enthält; Baumann nannte sie Jodothyrin. Sie stellt in trockenem Zustande ein braunschwarzes Pulver dar, das 3—5 %, auch noch mehr, Jod in fester Bindung enthält. Doch ist der Jodgehalt schwankend. Baumann war leider kurz nach seiner Entdeckung gestorben, ohne seine Beobachtungen zum Abschluss gebracht zu haben. Als sein damaliger Schüler nahm ich sie auf und habe seither eigentlich nie aufgehört, sie weiterzuführen. Im Jahre 1899 habe ich die Beobachtung gemacht, dass das Jod in der Schilddrüse an einen Eiweisskörper gebunden vorkommt. Ich konnte aus der Drüse einen Eiweisskörper gewinnen, welcher die Merkmale und Eigenschaften eines Globulins, einer bestimmten Gruppe von Eiweisstoffen, besass und den ich deshalb als Thyreoglobulin, bezw. als Jodthyreoglobulin bezeichnete, ein Name, unter welchem er seither allgemein bekannt ist. Diesem Körper kommen die physiologischen Eigenschaften der Schilddrüsenextrakte zu und somit ist er als die spezifisch wirksame Schilddrüsensubstanz zu betrachten. Das Jodthyreoglobulin enthält, wenn es aus nicht vergrösserten Schilddrüsen dargestellt ist, 0,3—0,6 % Jod je nach der Tiergattung. Behandelt man es so, wie Baumann die ganze Drüse zur Darstellung des Jodothyrins behandelt hat, d. h. kocht man es mehrere Stunden mit Mineralsäuren einer bestimmten Konzentration und zieht den Rückstand mit starkem Alkohol aus, so erhält man daraus das Baumann'sche Jodothyrin. Es ist somit als die Muttersubstanz des letzteren zu betrachten, stellt aber an und für sich die in ihren chemischen und sogar physikalisch-chemischen und somit auch physiologischen Eigenschaften unveränderte Substanz dar, so wie sie von der Schilddrüse geliefert wird, während das Jodothyrin, wie namentlich neuere Untersuchungen ergeben haben, in mancher Hinsicht nicht mehr alle Eigenschaften der Muttersubstanz hat.

Gewinnt man das Jodthyreoglobulin aus Kröpfen, so ist sein Jodgehalt erheblich geringer und kann auf weniger als 0,1 % sinken. Es wurde eingangs erwähnt, dass die Schilddrüse aus kleinen Bläschen bestehe, in deren Innern eine amorphe Masse sich vorfinde, das Kolloid, das die Anatomen schon lang als das Sekret der Drüse betrachten. Im Laufe meiner Untersuchungen konnte ich nun zeigen,

dass das Jodthyreoglobulin diese Masse darstellt, was so viel besagen will, als dass es das Sekret der Schilddrüse ist. Ausser ihm kommt im Kolloid noch ein zweiter Eiweisskörper, allerdings in erheblich geringerer Menge als jener vor, der jedoch keine spezifischen physiologischen Eigenschaften verkörpert und der den Charakter eines Nukleoproteids besitzt, d. h. jener Substanzen, welche man in allen Zellkernen findet. Da das Kolloid von den Drüsenzellen ausgestossen wird und bei diesem Prozess Zellen zu Grunde gehen, so glaube ich, darf man das Nukleoproteid als ein Rest untergegangener Zellen betrachten.

Von den Anatomen ist nun der Nachweis erbracht worden, dass das Kolloid durch die Lymphbahnen die Schilddrüse verlässt. Man hat es mikroskopisch in den abführenden Lymphbahnen gefunden. Durch diesen Nachweis sind wir berechtigt anzunehmen, dass das Jodthyreoglobulin auf dem Wege der Lymphgefässe die Schilddrüse verlässt und von dort in die Blutbahn, also den allgemeinen Kreislauf gelangt. Dieser Weg ist die Bahn, auf welcher die Drüsen mit innerer Sekretion ihr Sekret in den allgemeinen Körperchemismus gelangen lassen.

Es frägt sich nun, welches sind die spezifischen Eigenschaften des Schilddrüsensekretes und wie lassen sich aus dem Ausfall der Schilddrüsenfunktion die schweren Erscheinungen erklären, von denen vorhin die Rede war.

Führt man einem Versuchstier so viel Nahrung zu, dass die Zufuhr gerade den Verbrauch deckt, so ist das Tier, wie man sich ausdrückt, im Stoffwechselgleichgewicht, d. h. die Ausfuhr der verbrauchten Stoffe ist gleich der Zufuhr. Unter Ausfuhr haben wir die Atmungsstoffe zu betrachten, Kohlensäure und Wasserdampf und die im Urin ausgeschiedenen Substanzen, unter welchen der Harnstoff die Hauptmenge darstellt. Daneben sind noch andere stickstoffhaltige Substanzen zu nennen. Durch die Bestimmung der Kohlensäure sowie der stickstoffhaltigen Substanzen des Harns und unter Abzug der mit dem Kot ausgeschiedenen, im Darm nicht verwerteten Nahrung, kommen wir zur Aufstellung einer exakten Stoffbilanz, und da dem Stoff eine gewisse Energie innewohnt, und stets die gleiche, zu einer Energiebilanz. Eine solche Energiebilanz ist die Grundlage der Stoffwechsellehre, jener Lehre, welche den Umfang des Stoff- oder Kraftverbrauchs im tierischen Organismus zu bestimmen sucht. Aus solchen Untersuchungen sind wertvolle Tatsachen bekannt geworden, zunächst für die gesunden Individuen, später auch für Kranke.

Bringt man nun einem im Stoffwechselgleichgewicht befindlichen

Tier (Hund, Katze usw.) oder Menschen Schilddrüsensubstanz bei, z. B. durch Verabreichung mit der Nahrung, so findet man, dass der Verbrauch an Stoff wächst und sich auf eine höhere Stufe einstellt. Dabei ist sowohl der Fett- wie auch der Eiweissverbrauch gesteigert. Den gleichen Effekt hat auch das Jodthyreoglobulin. Das Jodthyreoglobulin übt also auf die allgemeinen Verbrennungen, auf den Energiehaushalt, einen fördernden Einfluss aus. Auf feinere Details soll hier nicht eingegangen werden.

Einen weiteren Einfluss übt die Schilddrüse und, wie sich ergeben hat, das Jodthyreoglobulin auf die nervösen Apparate des Herzens, speziell den Nervus Vagus aus, und zwar nimmt unter seiner Einwirkung die Erregbarkeit dieses Nerven zu. Andererseits werden andere mit dem Gefässystem ebenfalls in enger Beziehung stehende Nerven, die sympathischen Nerven, in ihrer Erregbarkeit, wenn auch nur indirekt, durch Vermittelung der Nebenniere, verstärkt. Aus dem Antagonismus dieser beiden Nervensysteme (dem autonomen und dem sympathischen) resultiert die normale Herztätigkeit.

Diese Eigenschaften kommen, wie bemerkt, dem Jodthyreoglobulin zu, nicht aber, wie neuere Untersuchungen zu ergeben scheinen, dem daraus abspaltbaren Jodothyrin. Die Wirkung des ersteren ist also eine ausgedehntere und da die Drüse wohl Jodthyreoglobulin, nicht aber das als Jodothyrin bezeichnete Spaltungsprodukt sezerniert, muss ersteres unser Interesse mehr in Anspruch nehmen als dieses. Die gleichen Beobachtungen lehren uns auch, dass die Wirkung des Jodthyreoglobulins der des gesamten Schilddrüsenextrakts gleichkommt. Diese Tatsache, die nicht genug betont werden kann, wird von den meisten Schilddrüsenforschern immer noch zu wenig gewürdigt.

Es ist nun eine interessante Frage, an welchen Teil des grossen Moleküls des Jodthyreoglobulins die Wirkung desselben gebunden ist. Zweifellos spielt die Gegenwart des Jods eine entscheidende Rolle, da jodfreies Thyreoglobulin die beschriebenen physiologischen Wirkungen nicht hat. Eine reine Jodwirkung ist es aber auch nicht, da diese eine ganz andere ist. Das massgebende ist vielmehr die gesamte Verbindung von Jod und Thyreoglobulin, wie auch im Chloroform nicht das Chlor und auch nicht die Methylgruppe das entscheidende ist, sondern die Kombination beider, d. h. das daraus resultierende Produkt. Auch das muss gegenüber vielen Autoren, die nicht müde werden von einer „Jodwirkung“ zu reden, betont werden.

Eine mehr den Chemiker interessierende, aber auch für den

Biologen und Mediziner nicht belanglose Frage ist die, wie das Jod im Jodthyreoglobulin chemisch gebunden ist. Darüber sind wir noch im Dunkeln. Vielfache Versuche, die ich im Laufe schon vieler Jahre darüber angestellt habe, sind bisher resultatlos geblieben. Aus künstlich jodhaltig gemachtem Eiweiss ist es mir gelungen nach anfänglichen negativen Resultaten einen kristallisierenden, einfach gebauten Körper zu gewinnen, das Dijodtyrosin. Daraus ist zu entnehmen, dass bei diesen Körpern das Jod an das darin vorhandene Tyrosin (Paraoxyphenyl-α-aminopropionsäure) gebunden ist. Allerdings betrifft dies nur einen Bruchteil des gebundenen Jods, da ein anderer Teil, wie die Versuche ergeben haben, anderswo verankert ist. Auch aus anderen in der Natur vorkommenden jodhaltigen Eiweisskörpern (dem Badeschwamm und gewissen Weichkorallen) lässt sich Dijodtyrosin darstellen. Aus dem Jodthyreoglobulin habe ich dagegen vergeblich gesucht, es zu gewinnen. Jene Jodeiweisskörper besitzen aber nicht die physiologischen Eigenschaften des Schilddrüsensekretes.

Nachdem wir nun die physiologische Wirksamkeit der Schilddrüse, bezw. ihres Sekretes kennen gelernt haben, wollen wir zur Besprechung der durch die Einschränkung, resp. den Fortfall ihrer Funktionen bedingten Krankheitszustände übergehen.

Es wurde erwähnt, dass wir eine Krankheit kennen, die mit Schwund der Drüse verbunden ist, das Myxödem. Menschen, welche an dieser Erkrankung leiden, zeigen einen auffallenden Habitus: ihre Haut besonders im Gesicht ist eigentümlich gedunsen, sie essen wenig, verhalten sich auffallend ruhig, apathisch, frösteln leicht, haben Haarausfall, schwitzen nicht und zeigen eine verlangsamte Denkungsart. Untersucht man den Stoffverbrauch in der vorhin angegebenen Weise, so findet man eine deutliche Herabsetzung des Sauerstoff- und Eiweissverbrauchs. Ich sagte schon, dass man mit diesem Zustand den Schwund der Schilddrüse in ursächlichen Zusammenhang brachte, den man bei der Obduktion solcher Leichen regelmässig beobachtete. Nachdem wir nun die physiologischen Eigenschaften der Drüse kennen gelernt haben, ist der Zusammenhang unserem Verständnis näher gerückt. Namentlich verstehen wir die Herabsetzung des Stoffwechsels, eines der auffälligsten Symptome, das sich sonst in dieser Art bei keiner anderen Krankheit findet. Was die übrigen Symptome anbelangt, so sind sie als Folge verminderter allgemeiner Zelltätigkeit zu verstehen. Das Experimentum crucis für diese Auffassung des Myxödems stellt die klinische Erfahrung dar, nach welcher die Krankheit in ausserordentlich günstigem

Sinne sich beeinflussen lässt, durch Zufuhr von Schilddrüsensubstanz, und was noch interessanter ist von Jodthyreoglobulin. Die Krankheitssymptome schwinden und bleiben aus, solange mit der Zufuhr des Stoffes fortgefahren wird, um alsbald sich wieder einzustellen, wenn die Medikation ausgesetzt wird.

Wie anfangs erwähnt, erreicht man einen dem Myxödem ähnlichen Zustand, wenn man aus irgend einem Grunde die Schilddrüse operativ aus dem Körper entfernt. Dieser Befund ist abermals als eine Bestätigung von der Richtigkeit unserer Auffassung des Myxödems zu deuten. Die Erklärung der klinischen Symptome ist dieselbe wie dort.

Hier muss ich jedoch auf etwas zu sprechen kommen, das in der Schilddrüsenforschung eine bedeutende Rolle gespielt und zu einer Kontroverse Anlass gegeben hat, die eigentlich bis zum heutigen Tage noch nicht beendet ist.

Im Jahre 1880 hatte der schwedische Forscher Sandström die Entdeckung gemacht, dass in der Umgebung der Schilddrüsen sich ganz kleine, beim Menschen etwa erbsengrosse Gebilde sich befinden, die in der Folge Nebenschilddrüsen genannt wurden. Spätere Forscher fanden sie sogar bei manchen Tiergattungen im Innern des Drüsengewebes selbst. Beim Menschen gibt es deren vier, zwei am unteren, zwei am oberen Pol der beiden Schilddrüsenlappen. Exstirpiert man nun die Schilddrüse mit samt diesen Körperchen — und wenn man nicht besondere Vorsicht walten lässt, ist das bei der operativen Schilddrüsenentnahme meist ohne weiteres der Fall — so entwickelt sich nach wenigen Tagen oder schon nach Stunden ein eigenartiger Zustand, der sich im Auftreten heftiger Krämpfe kundgibt, die z. B. bei Hunden in wenigen Tagen, ja Stunden, zum Tode führen können. Die Einverleibung von Schilddrüsensubstanz ist gegen diesen Zustand machtlos. Einige Forscher glaubten, es handle sich um die Folge von Nervenverletzungen bei der Operation oder um eine von dem Mangel der Schilddrüse selbst ausgehende Wirkung. Doch schlossen sich die meisten dieser Meinung nicht an. Die Beurteilung wurde erschwert dadurch, dass nicht nach jeder Kropf- oder Schilddrüsenexstirpation dieser Zustand sich einstellte, auch nicht bei allen Tiergattungen überhaupt anzutreffen war. Z. B. erwiesen sich Pflanzenfresser viel refraktärer als Fleischfresser. Man glaubte daher auch an einen Einfluss der Ernährungsweise und dergleichen, ohne jedoch zu einem entscheidenden Ergebnis zu gelangen. Viele von verschiedenen Experimentatoren angestellte Tierversuche führten schliesslich zu der Ansicht, dass das Fehlen der Nebenschilddrüsen Ursache der tetanischen Krämpfe sei, und man

erklärte sich den ganzen Sachverhalt so, dass die Entfernung der Schilddrüse allein unter Intaktlassung der Nebenschilddrüsen bloss allgemeine Kachexie (Myxödem) verursache, während die Mitentfernung oder auch die alleinige Entfernung der Nebenschilddrüsen die Tetanie bedinge. Heutzutage wird diese Auffassung ziemlich allgemein geteilt und es gilt die Ansicht, dass die Schilddrüse und die Nebenschilddrüsen zwei getrennte Funktionen ausüben, die zwar gewissermassen zusammen eine Einheit darstellen, aber doch sich nicht gegenseitig vertreten können. Die Nebenschilddrüsen beherrschen diejenigen Vorgänge, die bei ihrer Entfernung zum Ausbruch nervöser Erscheinungen führen, die Schilddrüse dagegen mehr vegetative allgemeinernährungswichtige Funktionen, die bei ihrem Ausfall Kachexie verursachen. Die Frage schien erledigt, wenngleich Einwände durchaus nicht abzuweisen waren. Und in der Tat trat auch in neuerer Zeit eine gewichtige, auf viele und sorgfältige Untersuchungen gestützte und kritisch sichtende Stimme auf, welche sich gegen die dualistische Auffassung der Funktionen des Schilddrüsen-Nebenschilddrüsensystems aussprach. Ich kann auf die Diskussion hier nicht näher eingehen und verweise denjenigen, welcher sich für diese Sache wie überhaupt für die ganze Schilddrüsenfrage näher interessiert, auf ein demnächst anderwärts erscheinendes kritisches Referat.

Wir haben es bisher mit krankhaften Zuständen zu tun gehabt, die aus einer Herabsetzung oder dem gänzlichen Mangel der Schilddrüsenfunktion entspringen. Es gibt nun eine Krankheit, die in allen ihren Symptomen den diametralen Antipoden des Myxödems darstellt. Während hier, um es zu rekapitulieren, eine auffällige Apathie, Verminderung der Verbrennungsprozesse, Herabsetzung der Körpertemperatur, Verlangsamung des Pulsschlages, Trockenheit der Haut u. a. die Hauptmerkmale darstellen, findet man bei jener Krankheit grosse Unruhe, Zittern am ganzen Körper, Steigerung der Oxydationen, Schweissausbrüche, vermehrte Herztätigkeit, Neigung zu Temperaturerhöhungen. In notwendiger und scheinbar logischer Konsequenz nimmt man als Ursache dieser nach dem Namen des Arztes Basedow, welcher sie zuerst eingehend beschrieben hat, benannte Krankheit, eine vermehrte Tätigkeit von Seiten der Schilddrüse an. Dazu kommt, dass zu den Kardinalsymptomen der Basedow'schen Krankheit auch eine Schwellung der Schilddrüse gehört, ein Kropf, während bei Myxödem umgekehrt das Organ ja fehlt. Die thyreogene Theorie der Basedow'schen Krankheit hat lange Zeit uneingeschränkte Gültigkeit gehabt und hat auch heute noch viele Anhänger. Sie ist auch sehr gewinnend, denn nach alldem, was wir über die Funktionen der Schilddrüse kennen gelernt haben, lässt sich der Zustand im

grossen und ganzen aus einer Überfunktion des Organs sehr wohl erklären. Diese Auffassung wird noch dadurch bekräftigt, dass man durch fortgesetzte Verabreichung grosser Mengen Schilddrüsensubstanz einen Zustand erzeugen kann, der mit der genannten Krankheit eine gewisse Ähnlichkeit hat. Trotz diesem Sachverhalt und aus Gründen, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann, ist die thyreogene Theorie nicht weniger als gefestigt, und ich selbst neige mich mit verschiedenen anderen Forschern der Ansicht zu, dass es sich weit eher um eine das Nervensystem, und speziell das sympathische, in erster Linie betreffende Affektion handle. Die Krankheitssymptome lassen sich alle daraus erklären. Desgleichen auch sekundär die Vergrösserung der Schilddrüse, die dann in gesteigerter Weise funktionieren kann. Aus der vermehrten Schilddrüsenfunktion allein lassen sich dagegen nicht alle Erscheinungen der Basedow'schen Krankheit restlos und ungezwungen ableiten. Da das sympathische Nervensystem unter dem Einfluss des chromaffinen Systems steht, ist es nicht ausgeschlossen, dass nicht etwa eine Steigerung des von diesem Gewebe, speziell der Nebenniere, ausgehenden Sekretion handelte. Das Adrenalin, das Sekret der Nebenniere, erhöht die Erregbarkeit des Sympathicus und eine solche stärkere Erregbarkeit dürfte das Wesen der Basedow'schen Krankheit ausmachen. Trotz der Einfachheit dieser Erklärungsweise muss aber noch als fraglich bezeichnet werden, wo der erste Angriffspunkt der zur Basedow'schen Krankheit führenden Schädigung liegt. Die vermehrte Tätigkeit der Schilddrüse, die zum voll ausgebildeten Krankheitsbild gehört, hat dann wiederum eine Verstärkung der Sympathicuserregbarkeit zur Folge, denn, wie jetzt experimentell erwiesen, erhöht die Schilddrüsensubstanz die Wirkungskraft des Adrenalins. Es findet gewissermassen ein Circulus vitiosus statt. Die Steigerung der sympathischen Erregbarkeit, die man schon lange als unmittelbare Ursache vieler Basedowsymptome ansieht, findet dadurch ungezwungener ihre Erklärung als durch die Annahme einer rein thyreogenen Ursache; und das muss noch besonders sich daraus ergeben, dass es bisher auf experimentellem Wege mittelst Schilddrüsensubstanz nie gelungen ist, die eigentliche Basedow'sche Krankheit hervorzurufen. Ich erwähne alle diese Dinge, deren weitere Diskussion nicht hierher gehört, nur um zu zeigen, dass die Existenz einer Krankheit, die ihre Ursache in einer Überfunktion der Schilddrüse hat, entgegen weit verbreiteter Meinung, nicht mit Sicherheit erwiesen ist, ja überhaupt fraglich erscheint.

Es werden noch andere, allerdings nur seltene Affektionen in ursächlichen Zusammenhang mit einer quantitativ veränderten Schild-

drüsentätigkeit gebracht. Auch hier befinden wir uns aber auf hypothetischem und zwar noch hypothetischerem Boden als bei der Basedow'schen Krankheit. Ich ziehe daher vor, mich einem Gebiete zuzuwenden, das mehr praktisches Interesse hat, dessen theoretische Grundlage zwar auch in mancher Hinsicht nicht geklärt ist, das aber wegen seiner ins alltägliche Leben eingreifenden Bedeutung unser Aller Aufmerksamkeit in vollstem Masse verdient, der Kropfkrankheit und ihrer Folgen. Nachdem wir die Funktionen der Schilddrüsen kennen gelernt haben, wird uns manches davon in einem anderen Lichte erscheinen.

Der Kropf ist, wie schon bemerkt, eine Vergrösserung der Schilddrüse. Wenn ein Organ sich vergrössert, so spricht man von Hypertrophie und Hypertrophie ist in der Regel mit Funktionssteigerung vergesellschaftet. Tatsächlich lässt sich dies für den bei der Basedow'schen Krankheit vorkommenden Kropf annehmen. Auch für das Kropfherz, das ja mit Symptomen einhergeht, die vielfach Ähnlichkeit mit jenen der obengenannten Krankheit haben, gilt dies allenfalls noch. Für die weitaus grosse Mehrzahl der Kröpfe lässt sich aber nichts nachweisen, das für eine gesteigerte Funktion in dem eben genannten Sinne sprechen dürfte. Für sie trifft also die gemachte Voraussetzung nicht zu. Was bedeutet also hier der Kropf?

Zunächst muss darauf aufmerksam gemacht werden, dass anatomisch verschiedene Formen von Kropf zu unterscheiden sind. Es gibt eine Art, die auf einer gleichmässigen Vergrösserung des Organs beruht. Es kommt zu einer allgemeinen Wucherung in den die Drüse zusammensetzenden Bläschen; sie treiben Ausläufer, diese schnüren sich ab, bilden neue Bläschen oder auch nur ein verzweigtes Kanalsystem und so kommt es zu allgemeiner diffuser Vergrösserung. Solche Drüsen enthalten nicht mehr Kolloid wie normale Schilddrüsen, oder sogar oft weniger und mitunter auch keines. Diese Art Kröpfe sind namentlich bei jugendlichen Menschen und auch im Beginn der Kropfbildung zu finden. Eine andere Art ist dadurch charakterisiert, dass die Bläschen sehr stark vergrössert und reichlich mit Kolloid angefüllt sind. Die Vergrösserung der Drüse ist wesentlich durch diesen Umstand bedingt. Man spricht von Kolloidkröpfen. Bei der erstgenannten Form kann selbstverständlich mit der Wucherung der Bläschen auch eine Steigerung ihrer Funktion einhergehen, die Sekretion d. h. die Kolloidbildung kann vermehrt sein unter gleichzeitiger reichlicher Abgabe des Sekretes an die Blutbahn, oder aber es kann an dem geringeren Kolloidreichtum oder an seinem vollständigen Fehlen eine verminderte Bildung Schuld sein. Was tatsächlich zu-

trifft, wissen wir nicht. Bei den Kolloidkröpfen hinwiederum kann die Sekretion vermehrt, oder aber es kann der Abfluss des Sekretes behindert sein. Auch hier ist die Entscheidung zwischen beiden Alternativen schwierig, obgleich selbst bei gesteigerter Sekretion hier es im wesentlichen auf eine Stauung ankommen muss. Von den anatomischen Verhältnissen bekommen wir daher keinen endgültigen Aufschluss.

Im weiteren kommen noch andere Formen des Kropfes vor, die aber für die Auffassung des Kropfes von nebensächlicher Bedeutung sind. Die einzelnen Kolloidbläschen können mit der Zeit, besonders wenn sie sehr gross geworden sind und die Ernährung der Epithelien unter dem Druck des gestauten Inhaltes notleidet, unter Schwund der Epithelialwand mit einander konfluieren, und so entstehen grosse mit Kolloid gefüllte Hohlräume, die Cysten. Durch Bersten von Gefässwänden können sich Blutungen in das Innere der Cysten ergiessen und der Inhalt blutig werden. Andere Male kann unter Reizen noch unbekannter Ursache das zwischen den Bläschen gelagerte Bindegewebe in Wucherung gelangen, wodurch dann harte, vorzugsweise aus Bindegewebe zusammengesetzte Kröpfe entstehen. Durch Ablagerung von Kalksalzen aus der Blutflüssigkeit in das Bindegewebe, was vorwiegend in den Cystenwandungen geschieht, kommen endlich Kalkkröpfe zustande.

Wie es schon aus der Schilderung hervorgeht, handelt es sich bei diesen letzten Kropfarten um sekundäre Veränderungen, die mit der Kropfbildung als solcher nur in indirektem Zusammenhang stehen. Mehr Interesse bieten daher die erstgenannten. Von diesen ist man der Ansicht, dass die einfache Vergrösserung das erste Stadium in der Kropfbildung darstellt, während die Ansammlung von Kolloid auf ein vorgerückteres Alter hindeutet, eine Anschauung, die sehr viel Wahrscheinlichkeit für sich hat.

Wir sahen eingangs, dass mit dem Kropfe eng verbunden der Kretinismus sein müsse, aus dem einfachen Grunde, weil in den stark ausgebildeten Kropfzentren regelmässig der kretinische Zustand in gehäufter Frequenz vorzukommen pflegt. Der Kretinismus zeichnet sich nun durch Merkmale aus, die man auch künstlich durch Herausnahme der Schilddrüse erzeugen kann. Wird nämlich bei dem Versuchstier diese Operation zu einer Zeit vorgenommen, da es noch im Wachsen begriffen ist, so bleibt es in seiner Entwicklung zurück. Auch andere Zeichen des Myxödems treten auf. An den Knochen, namentlich an deren Wachstumszonen, finden sich nun Erscheinungen, wie man sie auch ähnlich findet beim Kretinen, nämlich eine mangelhafte Verknöcherung. Aus diesem Grunde ist man versucht, den Kretinismus

auf eine mangelhafte Schilddrüsenfunktion zurückzuführen, und diese mangelhafte Funktion aus der kropfigen Entartung der Schilddrüse abzuleiten. Diese Ansicht hat manches für sich. Nicht eine Mehrfunktion würde der Kropf bedeuten, sondern eine Unterfunktion. Diese Auffassung leuchtet uns besonders ein in solchen Fällen, wo der Kropf beinah in seiner Totalität bindegewebig und cystisch entartet ist. Gegen diese Theorie lassen sich allerdings manche Bedenken einwenden, worunter zu erwähnen wäre, dass sich Kretinen dennoch in vielfacher Hinsicht von Myxödematösen unterscheiden, und dass namentlich, und wohl als eines der stichhaltigsten Argumente hervorgehoben werden muss, dass Kretine nach totaler Exstirpation ihres Kropfes myxödematös werden können. Aus diesem Grunde nimmt der schon erwähnte Kropfforscher, H. Bircher, an, dass der kretinische Zustand nicht durch den Kropf bedingt sei, sondern, dass beide, Kropf und Kretinismus, durch eine gleiche dritte Ursache bedingt seien. Wenn man aber bedenkt, wie gross doch namentlich die Übereinstimmung in den Veränderungen am Skelett bei beiden Zuständen ist, und dass namentlich das frühzeitige Fehlen der Schilddrüse überhaupt solche Veränderungen am Skelett zu veranlassen imstande ist, so wird man trotz geringer Differenzen im Ausdruck derselben, die auch nicht als von prinzipieller Bedeutung hingestellt werden dürfen, mit weit mehr Grund eine mangelhafte Funktion der Schilddrüse als Ursache des Kretinismus annehmen, als einem unbekannten Agens die Wirkung auf beide Organe bezw. Organsysteme, die Schilddrüse und das Skelett, zuschieben. Dass jugendliche Kretine keinen Kropf haben, beweist nichts hiergegen, es kann dennoch eine Unterfunktion sich geltend machen. Auch in dieser Frage weise ich auf meine ausführlichere Diskussion in meinem Referate hin.

Ich komme nun auf die Frage nach der Ursache des Kropfes. Dadurch werden wir zur Besprechung seiner örtlichen Verbreitung geführt, denn aus ihr haben sich wertvolle Anhaltspunkte über seine Ätiologie ergeben. Der Kropf kommt bekanntlich in gehäufter Zahl nur in gewissen Gegenden vor, während andere davon verschont sind. In Europa ist vorwiegend das Alpenland befallen. Nicht das Gebirge ist aber daran Schuld, denn es gibt auch Niederungen unter den Kropfgegenden. Auch ist bei uns nicht das eigentliche Gebirgsland das meist betroffene, sondern die Ebene. Die Kropfterritorien sind oft eng umschrieben und auch innerhalb enger Gebiete lassen sich scharfe Grenzen ziehen. Im Laufe der Zeit haben sich zahlreiche Ansichten geltend gemacht über die Ursache des Kropfes. Heute weiss man mit Bestimmtheit, dass das Trinkwasser das Agens enthält, welches als Urheber aufzufassen ist. Man kennt Kropfbrunnen

und Kropfwässer und Leute, die von diesen trinken, laufen Gefahr, einen Kropf über kurz oder lang zu bekommen und denselben zu behalten, so lange sie von diesem Wasser geniessen, während er wieder verschwinden kann, vorausgesetzt, dass er nicht allzulange bestanden hat und die Träger noch jung sind, wenn sie anderes Wasser trinken. Schlagende Beweise grossen Stils dafür, dass das Trinkwasser die Schuld trägt, sind uns bekannt. Zwei sollen hier Erwähnung finden.

In der französischen Provinz der Tarentaise liegt die Gemeinde Bozel. Dort stellte im Jahre 1848 eine zur Erforschung des Kretinismus eingesetzte Kommission fest, dass unter den 1472 Bewohnern 900 Kropfige (= 61,7 %) und 109 Kretine (= 7,4 %) waren. Am anderen Talabhang, etwa 800 Meter entfernt, liegt, wie die Kommission in ihrem amtlichen Bericht schreibt, die Gemeinde St. Bon, welche völlig frei von kretinischer Degeneration ist. Die sozialen Verhältnisse in Wohnung, Nahrung und Lebensweise sind in beiden Gemeinden völlig die gleichen, nur das Trinkwasser ist verschieden. Deshalb leitete man das Wasser von St. Bon nach Bozel. Seit dieser Zeit ist die Kropf- und Kretinendemie fast verschwunden. Im Jahre 1864 waren nur noch 39 Kropfige und 58 Kretine vorhanden. Ein anderes ebenso lehrreiches Beispiel liefert uns die im Kanton Aargau gelegene Gemeinde Rupperswyl. Dort hatte H. Bircher anfangs der 80er Jahre des verflossenen Jahrhunderts unter der Schuljugend 59 % Kropfige gefunden. Das Trinkwasser wurde zumeist Sodbrunnen entnommen. Im Jahre 1884 wurde eine Wasserleitung installiert und zwar auf Grund der Bircher'schen Kropfkarte das Wasser von einer benachbarten, jenseits der Aare gelegenen kropffreien Gegend hergeleitet. Von diesem Jahre an ist die Kropfendemie bis zum Jahre 1895 um 10 % zurückgegangen und im Jahre 1907 war sie auf 2,5 % gesunken. Diese 2,5 % konnten nachgewiesenermassen auf eingewanderte Kropfige und auf Personen zurückgeführt werden, welche noch Wasser aus dem alten Sodbrunnen tranken.

Welche Rolle spielt nun das Wasser? Es ist das Verdienst Birchers, darauf hingewiesen zu haben, dass das massgebende die geologische Beschaffenheit des Bodens ist, dem das Wasser entstammt. Nach seinen eingehenden vor Jahren angestellten Beobachtungen, die inzwischen von anderer Seite im wesentlichen bestätigt worden sind, kommt Kropf sowohl wie kretinische Degeneration, einschliesslich endemische Taubstummheit, nur auf den marinen Ablagerungen des paläozoischen Zeitalters, Devon, Silur, Kohle, Dyas, der Trias und der Tertiärzeit (Molasse). Eruptivgesteine, die krystallinischen Gesteine der archäischen Formationsgruppe, die Sedimente des Jura

und der Kreide sowie der Quaternärzeit und die Süsswasserablagerungen sind frei davon.

Wenn wir uns die Frage vorlegen, was im Boden vorhanden sei, was in das Wasser übergehe und den Kropf veranlasse, so sind verschiedene Möglichkeiten vorhanden. Es kann ein Agens vorliegen, das im Gestein vorgebildet ist, sich im Wasser löst und im Körper aufgenommen den Kropf veranlasst. Es kann sich aber auch um Bestandteile handeln, welche bloss die Ansiedelung von lebenden Erregern begünstigen, welche dann in unseren Körper eindringen. Jedenfalls steht fest, dass durch Kochen das Wasser seine kropferzeugende Wirkung verliert. Welche von diesen Möglichkeiten in Wirklichkeit besteht, wissen wir nicht. Bestimmte Anhaltspunkte besitzt man noch keine für die eine oder andere Auffassung. In jüngster Zeit glaubt Bircher, dass es sich um eine kolloidale Substanz handle, die frei im Wasser vorkäme, über deren Natur allerdings noch nichts näheres bekannt ist. In welcher Weise sie den Kropf erzeugt, bleibt ebenso unbekannt.

Nachdem man zur Überzeugung gekommen war, dass im Trinkwasser der fragliche Kropferreger war, suchte man einen Schritt weiter in der Entscheidung der Frage zu kommen, indem man mittels Tränkversuchen an Tieren Kropf auf experimentellem Wege zu erzeugen versuchte. Solche Versuche sind schon vor einigen Dezennien von verschiedenen Untersuchern angestellt worden und zwar sowohl mit dem Wasser von Kropfbrunnen wie auch mit Filterrückständen und Bodenbeschlägen. Die Versuche sind samt und sonders negativ verlaufen. Die Versuchstiere blieben selbst nach Monaten kropflos. Erst in neuerer Zeit hat E. Bircher die Versuche wieder aufgenommen und zwar mit angeblich positivem Erfolg. Freilich halten wir die Versuche nicht für so beweiskräftig, wie es auf den ersten Anblick scheinen möchte und des weiteren haben Nachuntersuchungen nicht zu dem gleichen Ergebnis geführt. Jedenfalls ist die Frage noch nicht endgültig erledigt.

Fragen wir uns noch, was wir unter dem Kropf zu verstehen haben, d. h. mit welcher Art pathologischer Erscheinung wir es zu tun haben, so müssen wir uns auch zu einem ignoramus bekennen. Wir wissen noch nicht, ob das schädliche Agens direkt auf die Schilddrüse einwirkt und durch einen lokalen Reiz zur Wucherung bringt, oder ob nicht diejenigen Vorgänge chemischer Art in unserem Organismus gesteigert werden, gegen welche sich die Funktion der Schilddrüse richtet oder vielleicht richtiger ausgedrückt, auf welche ihre Tätigkeit eingestellt ist, wobei es sich also um eine indirekte Wirkung handelte. In diesem Falle würde eine gesteigerte Tätigkeit

in der Schilddrüse bestehen, während manches, wie wir gesehen haben, bei Kropf eher auf das Gegenteil hinzudeuten scheint. Wenn aber die Anforderungen, die an die Schilddrüse gestellt werden, unter dem Einfluss des Kropferzeugers übermässig gross sind, so könnte trotz gesteigerter Funktion doch eine Insuffizienz sich einstellen. Es ist übrigens müssig, sich mit Vermutungen solcher Art abzugeben, da wir uns auf noch ganz dunkelm Boden befinden. Ganz unerklärt ist zum Beispiel, warum das Sekret im Kolloidkropf sich in so gewaltiger Masse staut und nicht zum Abfluss kommt.

Es erübrigt noch, uns mit der Verbreitung des Kropfes und der damit verbundenen kretinischen Degeneration bekannt zu machen. Nur wenige Gegenden unseres Landes sind frei davon, während viele sehr stark heimgesucht sind und stellenweise die Endemie einen ausserordentlich hohen Grad erreicht. Bemerkt muss werden, dass, wie schon erwähnt, nicht das Gebirge am meisten befallen ist, sondern unsere Ebene und hier leiden am meisten die Kantone Aargau, Bern und Freiburg. Dort ist auch der Kretinismus am stärksten verbreitet.

Über die Intensität der Kropfendemie sollen uns einige Zahlen aufklären. H. Bircher fand unter der Schuljugend des Bezirkes Aarau in manchen Gemeinden 30—40 ja bis 51 % mit Kropf behaftet. Unter den Rekruten beobachtete er in den Jahren 1875—80 im Aargau stellenweise 30 bis gegen 50 % Kropfige, im Kanton Freiburg in manchen Gemeinden bis gegen 60 und 65 %, im Kanton Bern mitunter 67 und im Kanton Freiburg in einer Gemeinde sogar 83 %. Wie man sieht gewaltige Zahlen. Freilich sind das die höchsten Prozentsätze. Sie sind in minder stark befallenen Gegenden beträchtlich geringer. Doch sind die Maximalzahlen unter Umständen auch dort noch sehr ansehnliche, fand doch Bircher in dem sonst nicht so stark betroffenen Kanton Zürich in manchen Gemeinden 20—24 % Kropfige.

Was diese Zahlen für unser Land bedeuten, soll uns folgende Statistik illustrieren. Nach den Rekrutierungstabellen werden unter den stellungspflichtigen jungen Männern jährlich 5—7 %, d. h. rund 1500—1700 wegen Kropf als militäruntauglich abgewiesen. Ausserdem müssen jährlich ca. 400 schon ausgebildete Soldaten des gleichen Übels wegen ausrangiert werden. Weiterhin werden wegen zu kleinem Körperwuchs alljährlich 1900 militäruntauglich befunden. Rechnet man hiervon nur die Hälfte als auf Rechnung der kretinischen Degeneration in dem gleich zu besprechenden Sinne kommend, also auch zu Lasten der Kropfkrankheit im weiteren Sinne, so macht dies jährlich rund 950. Wegen Taubstummheit und Idiotie werden des weiteren ca. 250 frei. Rechnet man auch hier wieder nur die Hälfte

als durch Kretinismus bedingt, so macht dies 125, und addiert man nun alle diese Zahlen, so ergibt dies ca. 3000 für das Jahr, oder für die 10 Auszugsjahre die enorme Zahl von 30 000, d. h. beinah ein ganzes Armeekorps, den vierten Teil unserer Feldarmee!

Der Kropf figuriert unter den Gründen, welche zu Militäruntauglichkeit führen, an zweiter Stelle. Vor ihm steht nur zu geringer Körperwuchs. Dieser aber ist, wie wir sahen, zu einem grossen Teil auf die kretinische Degeneration zu beziehen.

Diese ungeheuren Zahlen müssen jeden zum Nachdenken bringen, der an unserem nationalen Gemeinwesen Interesse hat. Sie werden natürlich ihr Echo im Zivilleben finden, d. h. der Schaden, der unserem Lande in bezug auf seine Wehrfähigkeit aus der Kropfkrankheit erwächst, ist auch auf wirtschaftlichem Boden zu gewärtigen. Freilich nicht alle wegen Kropf Militäruntauglichen sind im Zivilleben für körperliche Arbeit auch schwerer Art unbrauchbar, der Militärdienst stellt vielfach höhere Anforderungen als die Tätigkeit des Zivillebens. Wenn wir uns aber vergegenwärtigen, dass es viele Betriebe gibt, welche aus Prinzip keine Militäruntauglichen einstellen, so werden wir doch zugestehen müssen, dass von vornherein manchem jungen Manne die freie Erwerbswahl verunmöglicht ist. Des weiteren haben wir eingangs gesehen, dass der Kropf mit der Zeit gesundheitliche Nachteile nach sich ziehen kann, und so ist vielleicht die Zahl derer, die in früheren Jahren arbeitskräftige Männer waren, später aber in der Ausübung ihres Berufes Behinderung erfahren, nicht ganz unbeträchtlich. Dass vollends idiotische Kretine und Taubstumme für das Land und ihre Mitmenschen verloren sind und ihnen nur zur Last fallen, indem sie staatliche Anstalten bevölkern oder von ihren Angehörigen oder Gemeinden ernährt werden müssen, braucht nicht erwähnt zu werden. Aus der Bircherschen Zusammenstellung ist zu entnehmen, dass in den stärksten Kropfzentren manche Gemeinden bis 15 und 20, ja auch 40 und 46 ‰ Taubstumme zählen. Im Bezirk Aarau fand er mancherorts 15 ‰ Kretine. In bezug auf die Frequenz der Taubstummheit gebührt überhaupt der Schweiz die zweifelhafte Ehre, an der Spitze aller Nationen zu stehen. Nebenstehende kurze Zusammenstellung illustriert dies.

Was die Frequenz des Kretinismus in unseren Nachbarländern anbelangt, so betrug nach der Statistik von 1883 unter den 9 ½ Millionen Einwohnern des Piemonts, der Lombardei und Venetiens die Zahl der Kretinen 12882. In Steiermark belief sie sich auf 2507 oder 1,84 % und die der Taubstummen auf 2154 oder 1,58 %. Auch in dem vom Kropf behafteten Alpengebiet Frankreichs begegnen wir ähnlichen Ziffern. Wahrlich ein gewaltiger Haufen des Elends und der Sorge!

Der Schaden, welcher den Bewohnern von Kropfendemien und sonach auch unserem Lande aus diesem Übel erwächst, ist jedoch mit den angeführten Zuständen noch nicht erschöpft. Er macht sich in noch anderer und zwar nicht minder beachtenswerter Weise bemerkbar. Die Kretinenkrankheit ist, wie bereits geschildert, bei den einzelnen Individuen verschieden stark ausgebildet. In den stärksten Graden führt sie zur vollständigen Idiotie neben körperlicher Verunstaltung, in schwächeren besteht nur verminderte Intelligenz mit mehr oder weniger ausgeprägten körperlichen Merkmalen, oder es finden sich auch die Zeichen körperlicher Degeneration mit normaler

Länder	Zähljahr	Taubstumme auf 10000 Einwohner
Schweiz	1870	24,5
Ungarn	1870	13,4
Schweden	1870	10,2
Grossherzogtum Baden	1871	12,2
Württemberg, Elsass-Lothringen	1871	11,1
Schweden	1870	10,2
Das gesamte deutsche Reich	1871	9,6
Oesterreich	1869	9,6
Italien	1871	7,3
Spanien	1860	6,9
Frankreich	1872	6,2
Niederlande	1869	3,3

Erhaltung der geistigen Fähigkeiten. Dazwischen gewahren wir alle Übergänge in den verschiedensten Variationen. Die Abstufungen lassen sich aber noch weiter verfolgen. Wenn wir die letzten Ausläufer in Betracht ziehen, gelangen wir ohne scharfen Übergang bis zur Gesundheitsbreite. Kleiner Körperwuchs, zu kurze Extremitäten im Verhältnis zum Rumpf, unschöne Gesichtszüge und Beeinträchtigung der geistigen Sphäre sind dann die letzten Überreste. Und wie häufig begegnet man nicht diesen Zeichen und gewinnt daraus den Eindruck geistiger und körperlicher Inferiorität! Aufmerksame Beobachter haben diese Tatsachen schon längst konstatiert und in treffender Weise geschildert. Lassen wir einen der berufensten reden, den Psychiater Griesinger. „An den Orten einer starken Endemie“, sagt er, „ist die ganze Bevölkerung von der Krankheitsursache betroffen. Ausser den eigentlichen Kretinen, Halbkretinen und Kropfigen findet sich eine Menge schwachköpfiger, verkümmerter, übel proportionierter Individuen, viele Taubstumme, Stotterer und Stammler, Schwerhörige, Schielende; es geht ein allgemeiner Zug körperlicher Degeneration und geistiger Verdumpfung durch die ganze

eingeborene Bevölkerung und auch die für gesund und klug geltenden Individuen sind durchschnittlich unschön, beschränkt, träge und es wimmelt von engherzigen Philistern, die den Mangel an Geist keineswegs durch gute Eigenschaften des Gemütes ersetzen."

Diese Worte gelten freilich nur von den intensivsten Kropfzentren. Nichts sagt uns aber, dass nicht auch die minder betroffenen Gegenden unter dem Übel, wenn auch minder stark, zu leiden haben. Denn wenn auch dort ausgesprochene Kröpfe relativ seltener sind, so haben doch genauere Untersuchungen ergeben, dass ein hoher Prozentsatz aller Bewohner eine vergrösserte Schilddrüse hat, das erste Zeichen der kretinischen Degeneration. Der alltägliche Sprachgebrauch hat auch eine Bezeichnung für diesen Zustand, man spricht von „dickem Hals", der aber in Wirklichkeit nichts anderes ist als ein Kropf geringeren Grades. Wer an Bällen oder gesellschaftlichen Anlässen die dekolletierten Damen oder in Badeanstalten Männer und Jünglinge sich ansieht oder der tummelnden Schuljugend ein aufmerksames Auge widmet, wird nur selten die klassischen Linien eines schlanken Halses zu Gesicht bekommen. Aus meiner schon erwähnten Statistik geht ja hervor, dass in unserem Lande drei Viertel aller Menschen einen dicken oder wenigstens zu dicken Hals haben.

Wir ersehen aus alledem, dass die Kropfkrankheit bei uns ein weit verbreitetes Übel ist und den Charakter einer wahren Volksseuche trägt, welche die Gesundheit und Leistungsfähigkeit unseres Volkes unterminiert, unsere Rasse verdirbt und den Wohlstand schädigt. Es ist denn auch nicht zu viel gesagt, dass es eine nationale Aufgabe ist, diesen überall lauernden und heimtückischen Feind anzukämpfen und ihn zu vernichten zu suchen. Es ist gewiss an der Zeit, dass von den vielen lobenswerten Bestrebungen, die sich gegen die Infektionskrankheiten richten, etwas für den Kampf gegen dieses Übel abfällt. Auch darf gefordert werden, dass die Behörden den Forschern die Hand bieten, denn die Aufgabe ist gross und die Arbeit Vieler notwendig. Vertreter der verschiedensten Wissenszweige und Forschungsrichtungen müssen die Hand anlegen: pathologische Anatomen, Bakteriologen, Epidemiologen, biologische Chemiker, experimentelle Physiologen, Biologen, Statistiker und Geologen sind dazu erforderlich. Nur aus ihrer vereinten Kraft wird erspriesslicher und segensreicher Gewinn hervorgehen. Dabei müssen wir uns gesagt sein lassen, dass keine Mühe und kein Opfer zu gross sein wird, handelt es sich doch um das Wohl vieler Tausender unserer Mitmenschen und Mitbürger, um unser eigenes Wohl.

Über die
magnetischen Eigenschaften der Nickel-Kobalt-Legierungen.

Von

Otto Bloch.

I.

Einleitung.

Allgemeines.

Die tiefgreifende Umwandlung und Ausgestaltung, die unsere Ansichten über die Welt der elektrischen Erscheinungen in den letzten Jahrzehnten erfahren haben, und die grossen Erfolge, die speziell auch die theoretische Physik auf diesem Gebiete errungen hat, haben mit neuem Anreiz die Gedanken der Forscher auf das der Elektrizität so innig verwandte Gebiet des Magnetismus gelenkt und den Wunsch lebhafter werden lassen, auch in diese Überfülle der mannigfaltigsten Tatsachen einige Klarheit und logischen Zusammenhang hineinzubringen. Wie einfach der Weg auch durch die Gesetze der elektromagnetischen Erscheinungen vorgezeichnet schien und in einer Richtung schon durch die Ampère'schen Anschauungen angedeutet war, so schwierig erwies es sich, eine Theorie auszuarbeiten, die den experimentellen Tatsachen in einigermassen befriedigender Weise gerecht wurde. Vor allem aber waren es die Temperaturabhängigkeit der magnetischen Erscheinungen und ganz besonders die Eigenschaften der ferromagnetischen Körper, welche sich lange Zeit einer befriedigenden theoretischen Darstellung entzogen.

Aber ausser der theoretischen Physik bringen auch Metallographie und Technik den magnetischen Eigenschaften der verschiedenen Körper ein stets steigendes Interesse entgegen und lassen es als wünschenswert erscheinen, dass diese einer systematischen Untersuchung unterzogen werden.

Mein verehrter Lehrer, Herr Prof. Weiss, hat seit einer Reihe von Jahren diese Aufgabe sowohl theoretisch wie experimentell in Angriff genommen, und ich habe seiner Anregung, zu dieser Reihe

von Untersuchungen ein Glied hinzuzufügen, mit Freude Folge geleistet. — Es sei mir gleich an dieser Stelle gestattet, ihm meinen wärmsten Dank dafür auszusprechen, dass er auch im weiteren Verlauf meiner Arbeit mir stets mit Anregungen und wertvollen Ratschlägen zur Seite gestanden ist und mich in jeder Beziehung in meinem Unternehmen zu fördern suchte. —

Die Nickel-Kobalt-Legierungen.

Die Zahl der ferromagnetischen Körper ist sehr gering. Eisen, Nickel und Kobalt galten bislang als die einzigen reinen Metalle dieser Gruppe, bis kürzlich mein l. Kollege Dr. E. Kuh nachgewiesen hat, dass auch chemisch reines Mangan zu den ferromagnetischen Metallen zu zählen ist. [1])

Mit dem reinen Nickel und Eisen hatte sich beim Beginn dieser Arbeit Prof. Weiss bereits selbst in noch unveröffentlichten Arbeiten beschäftigt, ebenso lag eine Studie über die Legierungen dieser beiden Metalle bei Temperaturen unter der des magnetischen Umwandlungspunktes vor [2]), und die Untersuchung derselben bei höhern Temperaturen war in Arbeit [3]). Das reine Kobalt und seine Legierungen waren bis dahin noch nie genauer untersucht worden. Ich stellte mir daher die Aufgabe, die Nickel-Kobalt-Legierungen genauer zu untersuchen und zwar sowohl unterhalb als auch oberhalb des magnetischen Umwandlungspunktes.

Diese Aufgabe bot in verschiedener Hinsicht besonderes Interesse. Abgesehen davon, dass das reine Kobalt schon bei gewöhnlicher Temperatur eigenartige Abweichungen von dem Verhalten von Nickel und Eisen gezeigt hatte [4]), bieten die Legierungen von Nickel und Kobalt unter den aus zwei ferromagnetischen Komponenten gebildeten Legierungen das einzige Beispiel für eine kontinuierliche Mischbarkeit der Kompenenten nach Typus I von Roozeboom. Solche Legierungen bestehen bei genügend langsamem Abkühlen auch im festen Zustand aus völlig homogenen Mischkristallen; sie stellen nach dem bezeichnenden Ausdruck von Van't Hoff eine „feste Lösung“ dar. Aber speziell diese Legierungen zeichnen sich noch dadurch aus, dass ihr Schmelzintervall nach den Untersuchungen von Guertler & Tammann [5]) äusserst klein und mit den verschiedenen Konzentrationen konstant bleibt, was auf eine

---

[1]) E. Kuh. Die Darstellung des chem. reinen Mangans und die Bestimmung der wichtigsten physikal. Konstanten desselben. Diss. Zürich. 1911. Polyt. Schule.

[2]) F. Hegg. Etude thermomagnétique sur les ferro-nickels. Thèse. Zurich. Ecole polyt. 1910. Oder: Arch. phys. nat. (4) t. XXIX. 1910.

[3]) P. Weiss und G. Foëx; Arch. phys. nat. (4) t. XXXI. 1911.

[4]) P. Weiss; Arch. phys. nat. (4) t. XXIX. 1910. S. 175 bis 203.

[5]) W. Guertler & G. Tammann; Über die Legierungen des Kobalts und Nickels. Ztschr. f. anorg. Chemie (42) 1904.

sehr geringe Konzentrationsänderung zwischen der Mutterlauge und dem sich aus ihr ausscheidenden Mischkrystall schliessen lässt. Man darf also grösste Homogenität der Legierung erwarten, auch für den Fall, wo bei der Herstellung der Legierung die Zeitdauer der Abkühlung nicht besonders lang bemessen worden wäre, und dies umsomehr, als ja auch die eigentlichen Untersuchungen wieder lang andauernde Erhitzungen der Substanzen mit sich brachten.

Bei einem so einfachen Verhalten der Komponenten, das, wie es scheint, nur noch bei den Legierungen der Eisen-Kobalt-Reihe[1]) ein Analogon findet, war der Schluss naheliegend, dass auch die für die Legierungen resultierenden magnetischen Eigenschaften einfache Zusammenhänge aufweisen würden.

Dieser Schluss war umso berechtigter, als durch die ersterwähnte Arbeit von Guertler & Tammann nachgewiesen worden war, dass die Temperatur des magnetischen Umwandlungspunktes auch bei den Legierungen einen durchaus analogen Sinn hat, wie bei den reinen Metallen. Da jedoch das Hauptproblem jener Arbeit metallographischer Natur war, so beschränkten sich die beiden Forscher darauf, die Temperatur der magnetischen Umwandlung zu bestimmen, während die Intensität der magnetischen Erscheinungen nur rein qualitativ berücksichtigt wurde.

Hier mögen lediglich diejenigen Daten aus der genannten Arbeit wiedergegeben werden, die sich auf den Umwandlungspunkt beziehen.

Tabelle I.

Co-Gehalt in Gewichts-Prozenten	Curie'scher Punkt Mittelwert °C.
1,3	315 ± 4
9,5	455 ± 2
18,0	522 ± 8
30,3	669 ± 4
39,6	743 ± 3
49,7	818 ± 2
59,8	876 ± 3
69,1	946 ± 2
79,5	982 ± 1
90,5	1084 ± 0
98,2	1137 ± 1

Ziel der Arbeit.

Die Fragen, die durch die vorliegende Arbeit vor allem geklärt werden sollten, waren:

[1]) Guertler & Tammann; Ztschr. f. anorg. Chem. (45) 1905.

1. Die Grösse der Intensität der Sättigungsmagnetisierung in Abhängigkeit von der Temperatur und als Extrapolationswert die absolute Sättigung beim absoluten Nullwert der Temperatur.
2. Die Temperatur des Umwandlungspunktes.
3. Das Verhalten der Legierung oberhalb ihres Umwandlungspunktes, im paramagnetischen Zustand, und die Grösse der für diesen Zustand charakteristischen Curie'schen Konstanten.

Alle diese Grössen erhalten durch die Theorie des Ferromagnetismus von Prof. Weiss[1]) ihre besondere Beleuchtung, und erweisen sich als besonders geeignet für die vollständige Beschreibung der ferromagnetischen Eigenschaften eines Körpers.

Ich werde mich auch in der Darstellung der Resultate meiner Untersuchung an die genannte Theorie anlehnen, für deren Einzelheiten ich auf die erwähnten Originalarbeiten verweise.

II.

Die Herstellung der Versuchsellipsoide.

Die Ausgangsstoffe.

Als Ausgangsmaterialien für die Herstellung der Legierungen diente *niccolum puriss.* und *cobaltum puriss.* (*nickelfrei*) von der Firma E. Merck in Darmstadt.

Das Nickel, grau und in fein granuliertem Zustand, wurde mit dem grauschwarzen Kobaltpulver mit grösster Sorgfalt quantitativ vermischt und in einer jeweiligen Gesamtmenge von sechs bis acht Grammen in einem feuerfesten Schmelzschiffchen aus gebrannter Magnesia in einer neutralen Atmosphäre (Stickstoff) geschmolzen.

Die Schmelzvorrichtung.

Zur Erzeugung der hohen Schmelztemperaturen (ungef. 1600 ^{0}) diente der schon oft für ähnliche Zwecke gebrauchte elektrische Widerstandsofen nach dem von R. Ruer beschriebenen Typus[2]). Es wurden jedoch sowohl in bezug auf die konstruktive Durchführung als auch in bezug auf die Dimensionen einige Abänderungen vorgenommen. Figur 1 gibt den Ofen in Längsschnitt und Stirnansicht wieder. An die beiden Enden des Kohlerohrs *(R)* sind je zwei halbkreisförmige Backen *(B)*, ebenfalls aus galvanischer Kohle angebracht und direkt mit den den Heizstrom zuführenden Kupferklammern *(K)*

---

[1]) P. Weiss; J. de Phys. (4) VI. 1907. Vergl. ferner: P. Weiss. Arch. phys. nat. (4). t. XXXI. S. 402.

[2]) R. Ruer; Metallographie. 1907. S. 279.

starr verschraubt, nachdem zuvor alle Kontaktstellen mittelst durch Holzteer gebundenen Gravitpulvers elektrisch leitend verstrichen

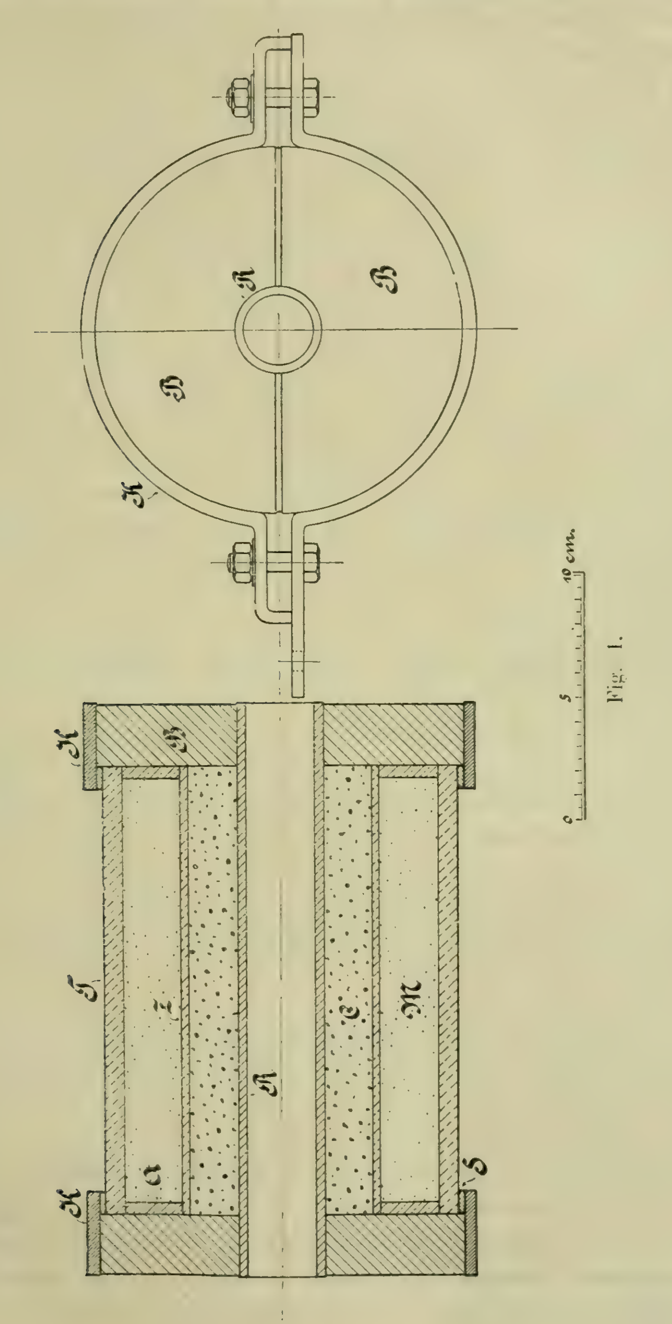


Fig. 1.

worden waren. Zwischen diesen beiden Backen sind in konzentrischer Anordnung zum stromführenden Kohlerohr eine etwas weitere Röhre *(Z)* (aus einer bei Daniel'schen Elementen gebräuchlichen Thonzelle hergestellt) und eine noch weitere feuerfeste Thonröhre *(T)* [1]) angeordnet, die teils durch die Kupferklemmen *(K)*, teils durch Asbestscheiben *(A)* in ihrer Lage festgehalten werden. Der Raum zwischen dem Kohlerohr und der Thonzelle ist mit Knochenkohle *(C)* möglichst gut ausgefüllt, der äussere grössere Raum zwischen Thonzelle und Thonrohr mit festgepresstem Pulver von calciniertem Magnesiumoxyd *(M)*. Die zwischen den Kupferklemmen und dem äussern Thonrohr noch bleibenden Fugen wurden mit Asbestschnur gut gedichtet und das äussere Thonrohr selbst noch mit einem Wärmeschutz aus Asbestkarton verkleidet. Diese Konstruktion hat sich gut bewährt. Liess schon die äussere, festgepresste Schicht von Magnesia beinahe keine Luft mehr eintreten, so verband sich auch mit dem wenigen, noch eindringenden Sauerstoff die Knochenkohle, bevor er das weniger leicht oxydierbare Kohlerohr anzugreifen vermochte. Der so konstruierte Ofen zeigte bei richtiger Handhabung eine Lebensdauer von zehn oder mehr Schmelzen bei guter Weissglut.

Dieser Ofen wurde nun bei horizontaler Lage des Kohlerohrs an die Sekundärleitung eines einfachen Ringtransformators angeschlossen, der durch Veränderung der Windungszahl des als Sekundärwicklung dienenden flexibeln Kabels in einfachster Weise das Übersetzungsverhältnis zu verändern gestattete. In dem vorliegenden Fall war dieses auf 25 : 1 eingestellt, was bei einer Primärspannung von 200 Volt und einem Primärstrom von 8—10 Ampère die notwendigen Temperaturen erreichbar machte. Die Regulierung des Heizstromes geschah mit aller wünschbaren Feinheit durch eine in den Primärkreis eingeschaltete Induktionsspule mit verschiebbarem Eisenkern.

In das Kohlerohr (28 mm l. W.) wurde ein Rohr aus Marquard'scher Masse (25 mm ä. D.) konzentrisch eingelegt, so, dass es beiderseits ungefähr 6 cm über den Ofen herausragte. Das eine Ende dieses Rohres war mittelst eines einfach durchbohrten Gummistopfens verschlossen, durch den die neutrale Atmosphäre eingeleitet wurde, während das andere, bis auf eine winzige Öffnung mittelst einer dünnen Glimmerscheibe und etwas Wasserglas luftdicht verschlossen, den Vorgang des Schmelzens zu überwachen gestattete. Der zugeführte Gasstrom war durch Überleiten durch konzentrierte

[1]) Werden je nach Bestellung von der Thonwarenfabrik C. Bodmer & Cie. in Zürich geliefert.

Schwefelsäure und durch ein mit Natronkalk und Chlorcalcium beschicktes U-Rohr völlig frei von Wasser und Kohlendioxyd.

Als neutrales Gas wurde zuerst Wasserstoff zu verwenden versucht, man bemerkte aber bald, dass die Eigenschaft des Schmelzgutes, bei hohen Temperaturen den Wasserstoff in erheblichen Mengen aufzulösen und beim Erkalten unter heftiger Blasenbildung (Spratzen) wieder auszustossen, das Erzielen einer homogenen Schmelze unmöglich machte. Hierauf vorgenommene Versuche mit Stickstoff führten dagegen zu befriedigenden Resultaten.

Der Stickstoff wurde nach Massgabe des Verbrauchs durch Überleiten eines getrockneten Luftstroms über glühende Kupferspäne hergestellt.

Um jedoch die häufige Erneuerung der Kupferspäne zu vermeiden, die bei der grossen Anzahl von Schmelzen lästig geworden wäre, wurde gleichzeitig mit im Kipp'schen Apparat erzeugtem Wasserstoff gearbeitet, der mittelst Gabelrohr in die Leitung einmündete, welche über die Trockenvorrichtungen in das Schmelzrohr des Ofens führt. Durch verstellbare Quetschhähne konnte dieser Wasserstoff nun entweder so geleitet werden, dass er die Luft aus dem Schmelzrohr schon geraume Zeit vor Beginn des Heizens verdrängte und so die Zufuhr des Stickstoffs erst bei höheren Temperaturen notwendig machte, oder er konnte nach Beendigung der Schmelze rückströmend ins Kupferrohr geleitet werden, um dieses zu regenerieren, wobei ein anderer Teil gleichzeitig über das abkühlende Schmelzgut strich. Nach einiger Übung gelang es mit dieser Einrichtung in einem Tag 3—4 Schmelzungen durchzuführen.

Das Schmelzgut befand sich jeweilen ungefähr 10 Minuten im dünnflüssigen Zustand, was durch das Glimmerfenster leicht konstatiert werden konnte. Es darf also eine homogene Mischung der Komponenten als unzweifelhaft angesehen werden.

Die so erhaltenen Legierungen kamen meist blank oder nur mit einer ganz oberflächlichen, dünnen Oxydschicht überzogen aus dem Ofen. Für die eigentlichen, die magnetischen Untersuchungen, auf deren Methode weiter unten einzutreten sein wird, mussten aus diesen Schmelzen nun kleine verlängerte Rotationsellipsoide von 9 resp. 4 Millimeter Achsenlänge gedreht werden. Dabei erwiesen sich nun die meisten, mit ganz wenigen Ausnahmen, als äusserst schlecht zu bearbeiten. Eine ganze Reihe von Schmelzen zerbröckelten unter dem Werkstahl wie trockenes Brot. Nur wenige, nämlich 100, 90, 70 und 50 % Co, konnten überhaupt gedreht werden, den anderen musste man mit einer feinen Feile oder ganz feinem Schmirgeltuch die richtige Form geben; eine Arbeit, der sich der Institutsmechaniker, Herr E. Santschi, mit viel Ausdauer und Geschicklichkeit unterzog.

Dass unter solchen Umständen die Homogenität des Materials und der Oberfläche bei einigen Ellipsoiden zu wünschen übrig liess, ist nicht verwunderlich. Vergleichende Untersuchungen [1]), wie auch die eigenen Resultate, haben jedoch gezeigt, dass kleine Abweichungen von der exakten Ellipsoidform bei magnetischen Messungen von der beabsichtigten Art, nämlich bei der Sättigung des Materials, nur von ganz untergeordnetem Einfluss sind, so dass man sich wohl mit den vorliegenden Stücken zufriedengeben durfte.

Die Bestimmung der Dichte.

Die Dichte der einzelnen Legierungen war schon an sich interessant, von besonderer Bedeutung aber, weil sie für die spätere Berechnung der magnetischen Grössen gebraucht werden sollte. Es wurde daher eine besondere Sorgfalt auf deren Bestimmung verwendet; und zwar wurde die Pyknometer-Methode gewählt. Ein besonders kleines und leichtes Pyknometer wurde dazu hergestellt. Für die Bestimmungen wurde stets destilliertes und unter der Luftpumpe ausgepumptes Wasser verwendet. Das ganze Pyknometer wurde jeweilen vor der Wägung im Exsikkator äusserlich getrocknet, um die störende Oberflächenfeuchtigkeit zu entfernen. Die notwendigen Korrekturen wurden stets vollständig angebracht. Trotzdem konnten maximale Abweichungen unter den einzelnen Bestimmungen ein und derselben Dichte von 0,3 bis 0,4 % nicht vermieden werden; eine Genauigkeit, die indessen bei der Porosität der Substanzen als befriedigend gelten muss.

Einen gesetzmässigen Verlauf der Dichte in Abhängigkeit vom Mischungsverhältnis zu konstatieren, war jedoch nicht möglich, da alle Werte mit Abweichungen von höchstens 1,5 % um einen Mittelwert schwanken. Die Porosität der Substanzen macht jedoch wahrscheinlich, dass die meisten Dichten bei homogenerem Gefüge grösser sein würden als die gemessenen, und man ist geneigt, den grössten Werten das meiste Zutrauen zu schenken.

Die Dichte von reinem Nickel wurde übereinstimmend mit einer Angabe von Tilden [2]) zu 8,79 bestimmt; für die Dichte des gut homogenen reinen Kobalt ergab die Messung 8,92. Nach allem, was man über die Reihe der Nickel-Kobalt-Legierungen weiss [3]), ist es sehr wahrscheinlich, dass die Dichte eine nahezu lineare Funktion des Mischungsverhältnisses ist. In der weiter unten folgenden Tabelle II sind daher ausser den experimentell bestimmten Werten auch noch die linear interpolierten angegeben.

---

[1]) F. Hegg. l. c. 615.
[2]) Tilden; Ch. N. 78.
[3]) Guertler & Tammann; l. c.

Die entmagnetisierenden Felder.

Befindet sich ein Ellipsoid in einem homogenen magnetischen Feld, so entsteht durch den an den Enden auftretenden sogenannten freien Magnetismus im Innern des Körpers ein dem ursprünglichen entgegengesetztes Feld, welches das erstere in seiner Wirkung schwächt. Die Grösse dieses entmagnetisierenden Feldes ist sowohl von der Intensität der Magnetisierung, d. h. dem magnetischen Moment der Volumeneinheit, als auch von der Form des magnetisierten Körpers abhängig.

Es ist das entmagnetisierende Feld:

$$H_e = NI$$

und das wirksame Feld:

$$H = H_a - H_e,$$

wobei H_a das ursprüngliche äussere Feld bedeutet.

Der Koeffizient N ist rein geometrischer Natur und für die Längsachse des Ellipsoides:

$$N_L = 4\pi \frac{1-e^2}{e^2}\left[\frac{1}{2e} ln \frac{1+e}{1-e} - 1\right],$$

für die Magnetisierung in der Richtung der kleinen Achse:

$$N_K = \frac{2\pi}{e^2}\left[1 - \frac{1-e^2}{2e} ln \frac{1+e}{1-e}\right],$$

worin e die numerische Exzentrizität des Ellipsoides bedeutet.

Es tritt nun die Frage auf, was für ein Wert für I in die Gleichung für H_e eingesetzt werden soll. Nimmt man an, dass die Inhomogenitäten des Materials gleichmässig über das ganze Ellipsoid verteilt seien, so wird man mit Recht das I einsetzen, das man für die aus den experimentellen Dichten berechneten Volumina findet. Dagegen wird man die Angabe von I im Sinne einer für die Substanz abgesehen von ihrer Form, charakteristischen Grösse, auf das aus den korrigierten Dichten berechnete Metallvolumen zu beziehen haben, wenn eine solche Angabe überhaupt einen physikalischen Sinn haben soll. Es wird hierauf noch zurückzukommen sein.

Für die rechnerische Bestimmung der Koeffizienten N_L und N_K, welche allerdings streng genommen eine exakt ellipsoidische Oberfläche voraussetzt, mussten die Dimensionen der Versuchskörper gemessen werden. Die Mittelwerte aus je sieben mit der Mikrometerschraube bewerkstelligten Messungen für die grosse und die kleine Achse, sowie die daraus berechneten Koeffizienten, sind ebenfalls in der Tabelle II angegeben.

Die chemische Analyse.

Wegen der Pulverform der Ausgangsmaterialien ist es nicht immer möglich gewesen, das in den Ofen eingeführte Material restlos zusammenzuschmelzen; es blieben vielmehr meist einige Perlen abseits von der grossen Schmelzmasse im Schiffchen liegen. Um die Resultate in Funktion des Prozentgehaltes richtig anordnen zu können, erschien deshalb eine chemische Analyse als wünschenswert. Der dipl. Chemiker, Herr H. Huebscher, Assistent an der Eidg. Techn. Hochschule, hatte die Freundlichkeit, mir diese Analyse auszuführen. Die Mittelwerte dieser Bestimmungen sind ebenfalls in die Tabelle II eingetragen. Sie dürfen nach den Angaben des Herrn Huebscher bis zur ersten Dezimal-Stelle als zuverlässig gelten. Trotz den Abweichungen, welche die Analyse von den beabsichtigten Mischungsverhältnissen nachwies, werde ich mich auch in Zukunft für die Bezeichnung der Legierungen der Kürze halber der runden Zahlen bedienen.

Tabelle II.

Prozentgehalt nach Analyse		Masse	Dichte		Achsen		N_K	N_L
					kleine	grosse		
Ni	Co	gr	gemessen	interpoliert	mm	mm		
100,00 [1]	—	0,6831	8,790	8,790	3,997	9,363	5,3675	1,8275
90,22	9,78	0,7089	8,799	8,805	3,996	9,170	5,3463	1,8725
81,39	18,61	0,6468	8,872	8,816	3,988	8,932	5,3196	1,9262
69,65	30,35	0,6320	8,716	8,830	3,934	9,144	5,3605	1,8437
—	— [2]	0,6740	8,895	8,842	3,966	9,130	5,3510	1,8619
50,69	49,31	0,6441	8,789	8,856	3,947	8,824	5,3196	1,9255
39,57	60,43	0,6827	8,716	8,870	3,986	9,247	5,3580	1,8474
30,23	69,77	0,6505	8,768	8,882	3,951	8,854	5,3220	1,9215
20,46	79,54	0,6765	8,755	8,895	4,035	9,099	5,3270	1,9119
10,73	89,27	0,6778	8,870	8,906	3,987	9,025	5,3342	1.8968
—	100,00 [1]	0,6683	8,920	8,920	3,962	9,020	5,3388	1,8875

III.

Die Messungen unter dem Umwandlungspunkt.

A. Die Methode.

Als Untersuchungsmethode für die Messungen bei Temperaturen unterhalb des Umwandlungs- oder Curie'schen Punktes wurde die von Prof. Weiss erdachte Methode des maximalen Drehmomentes in Anwendung gebracht, die bereits in der Literatur beschrieben und

[1]) Nicht analysiert. Bezüglich 100% vergleiche Seite 469. Anmerkung [2]).

[2]) Wegen Mangel an Material konnte hier keine Analyse vorgenommen werden. Es werden daher im folgenden die beabsichtigten Werte 60% Ni und 40% Co als gültig angenommen.

diskutiert worden ist[1]). Diese Methode empfiehlt sich vor allem wegen der kleinen Ausdehnung des dabei notwendigen magnetischen Feldes und der dadurch ermöglichten relativ grossen Intensität desselben und wegen der Einfachheit, mit der sie relative Messungen zu machen gestattet.

Das Prinzip ist kurz folgendes. Ein in beliebiger Lage in ein homogenes Magnetfeld gebrachtes Ellipsoid hat, wie alle mit der Kugel affinen Körper, die ausgezeichnete Eigenschaft, homogen magnetisiert zu werden; vorausgesetzt, dass das ganze Volumen in homogener Weise mit magnetischer Substanz erfüllt sei. Solche Körperformen gestatten daher aus der Kraftwirkung, die sie in einem Magnetfeld erfahren, einen physikalisch berechtigten Schluss auf den inneren magnetischen Zustand. Die zur Verwendung gekommenen Ellipsoide sind, wie wir gesehen haben, nicht sehr langgestreckt. Der Einwand aber, dass bei solchen Körpern die geometrische Form einen grösseren Einfluss auf die Magnetisierung habe als das Material, ist für unsere Messungen nicht berechtigt, da er nur für relativ grosse Permeabilitäten der Substanz gültig ist, für Messungen aber, die, wie die unsrigen, im Gebiet der Sättigung liegen, nicht mehr zutrifft.

Wird nun ein solches Ellipsoid in ein homogenes Magnetfeld gebracht, so tritt ein Drehmoment auf, welches die Längsachse des Ellipsoides mit der Feldrichtung parallel zu richten sucht; seine Grösse ist:

$$D = V(N_K - N_L)\, I^2 \cdot \sin\varphi \cdot \cos\varphi,$$

wobei N_K und N_L die Entmagnetisierungskoeffizienten der kurzen resp. langen Achse des Ellipsoides, V dessen Volumen und φ den Winkel bedeuten, den die Richtung der Magnetisierung mit der Längsachse des Ellipsoides einschliesst. Dieses Moment wird nun bei konstantem I trotz veränderlichem φ ein Maximum für $\varphi = 45°$, nämlich:

$$D = \frac{1}{2}\, V(N_K - N_L)\, I^2\,.$$

Haben wir also die Möglichkeit, das Magnetfeld relativ zum Ellipsoid zu verdrehen, und das auf das letztere ausgeübte Drehmoment durch den Ausschlag einer mit ihm verbundenen Spiralfeder zu messen, so ist der beobachtete maximale Ausschlag α mit dem Quadrat der Magnetisierungsintensität und einer gewissen Konstanten des Apparates proportional:

---

[1]) P. Weiss; J. de Phys. (4) t. VI. 665. 1907. und P. Weiss & H. Kamerlingh Onnes; Arch. phys. nat. (4) t. XXX. 1910.

$$\alpha = C \cdot V (N_K - N_L) I^2.$$

Diese Konstante C kann aber experimentell bestimmt werden, wenn wir voraussetzen, dass wir von nur einem Ellipsoid N_K, N_L, V und I für ein gegebenes Feld genau kennen.

Prinzipiell ist zu bemerken, dass diese Methode keinen einfachen Sinn mehr hat für den Fall, dass I nicht der Sättigungsmagnetisierung entspricht, sondern vielmehr noch wesentlich mit dem wirksamen Felde variiert. Letzteres variiert aber infolge der Verschiedenheit der beiden Entmagnetisierungskoeffizienten stark mit veränderlichem Azimut. Es gilt dann für das Maximalmoment:

$$\frac{dD}{d\varphi} = V(N_K - N_L)\left[I^2(\cos^2\varphi - \sin^2\varphi) + 2I\frac{dI}{d\varphi}\sin\varphi \cdot \cos\varphi\right] = O.$$

Da aber $\frac{dI}{d\varphi}$ seiner Natur nach negativ ist, so muss:

$$(\cos^2\varphi - \sin^2\varphi) > O,$$

also $\varphi < 45°$, und die Messung würde die genaue Kenntnis von φ und $\frac{dI}{d\varphi}$ verlangen. Solche Messungen waren beim Experimentieren möglichst zu vermeiden und für die Berechnung der Resultate von vornherein auszuschliessen.

Will man die Abhängigkeit der Magnetisierungsintensität vom wirksamen Felde kennen, so muss man dieses aus dem bekannten äusseren Felde berechnen. Ist nun, wie bei unseren Messungen, der Winkel zwischen der grossen Achse und der momentanen Richtung der Magnetisierung 45°, so ist die in dieser Richtung wirkende Komponente des entmagnetisierenden Feldes $\frac{N_K + N_L}{2} I$, die in der dazu senkrechten Richtung aber $\frac{N_K - N_L}{2} I$. Die letztere wird also der ebenfalls zur Magnetisierungsrichtung senkrechten Komponente des äusseren Feldes das Gleichgewicht halten müssen, da ja resultierendes Feld und Magnetisierung in ihrer Richtung zusammenfallen. Bezeichnen wir also den Winkel zwischen der Richtung des äusseren Feldes und der Magnetisierung mit ψ, so gilt angenähert:

$$\frac{N_K - N_L}{2} \cdot \frac{I}{H_a} = \sin\psi \cdot$$

Ausserdem ist der Ausdruck für das noch wirksame Feld:

$$H = H_a \cos\psi - \frac{N_K + N_L}{2} I,$$

oder durch Reihenentwicklung:

$$H = H_a \left(1 - \frac{\psi^2}{2}\right) - \frac{N_K + N_L}{2} I.$$

Wird nun, in Übereinstimmung mit der Voraussetzung magnetischer Sättigung, angenommen, dass der Winkel ψ klein sei, so gilt:

$$H = H_a - \frac{N_K + N_L}{2} I - \frac{1}{8} \frac{(N_K - N_L)^2}{H_a} I^2.$$

Nach dieser Gleichung sind zu allen Messungen die wirksamen Felder ausgerechnet worden.

Es muss hier noch bemerkt werden, dass für die richtige Auswertung der I aus der Gleichung $\alpha = C\,V(N_K - N_L)\,I^2$ auch die Volumenänderung infolge der Temperaturänderung zu berücksichtigen ist. Die Folge hiervon ist, dass sich das I bei jeder Temperatur auf eine andere Menge der Substanz bezieht, und wir erkennen von neuem, dass die Grösse I für die Darstellung der Versuchsresultate ganz unzweckmässig wäre. Wir beziehen daher die Magnetisierung auf die Masseneinheit und schreiben $I = \sigma D$, wobei D die Dichte des Materials bedeutet. Dann ist:

$$\alpha = C\,V D^2 (N_K - N_L)\,\sigma^2,$$

und es ergibt sich, dass das σ', bei dem die Dichte als konstant und gleich derjenigen bei der gew. Temperatur vorausgesetzt wäre, sich zu dem wirklichen σ verhält, wie folgende Gleichung angibt:

$$\sigma = \sigma' \sqrt{1 + \gamma t}\,;$$

d. h. das wirkliche σ ist bei höheren Temperaturen grösser als das scheinbar gemessene. Diese Korrektur, die bei den höchsten Temperaturen bis 3 % betrug, ist in den später angegebenen Resultaten berücksichtigt worden. Es ist dabei für die ganze Reihe der Substanzen als linearer Ausdehnungskoeffizient der Wert $\alpha = 0{,}000018$ angenommen worden, wie er, für die in Frage kommende Genauigkeit identisch, von Le Châtelier für Nickel bei 1000° C und von Curzio für Kobalt bei 25° bis 350° C angegeben wird.

B. Die Versuchseinrichtung.

Der Elektromagnet.

Der zur Verwendung gekommene Elektromagnet war vom Weiss'schen Typus und in Konstruktion und Anordnung ganz ähnlich dem von F. Hegg beschriebenen [1]) (Vergl. Fig. 2). Die beiden wassergekühlten Spulen trugen je 811 Windungen; jede Spule ergab 2 Ohm

---

[1]) F. Hegg; Arch. phys. nat. (4) t. XXIX. 597. 1910.

Widerstand. Belastet wurde dieser Magnet gewöhnlich mit Stromstärken bis zu 15 Ampère; für die magnetisch besonders harten Legierungen mit höherem Kobaltgehalt durfte jedoch für kürzere Zeit

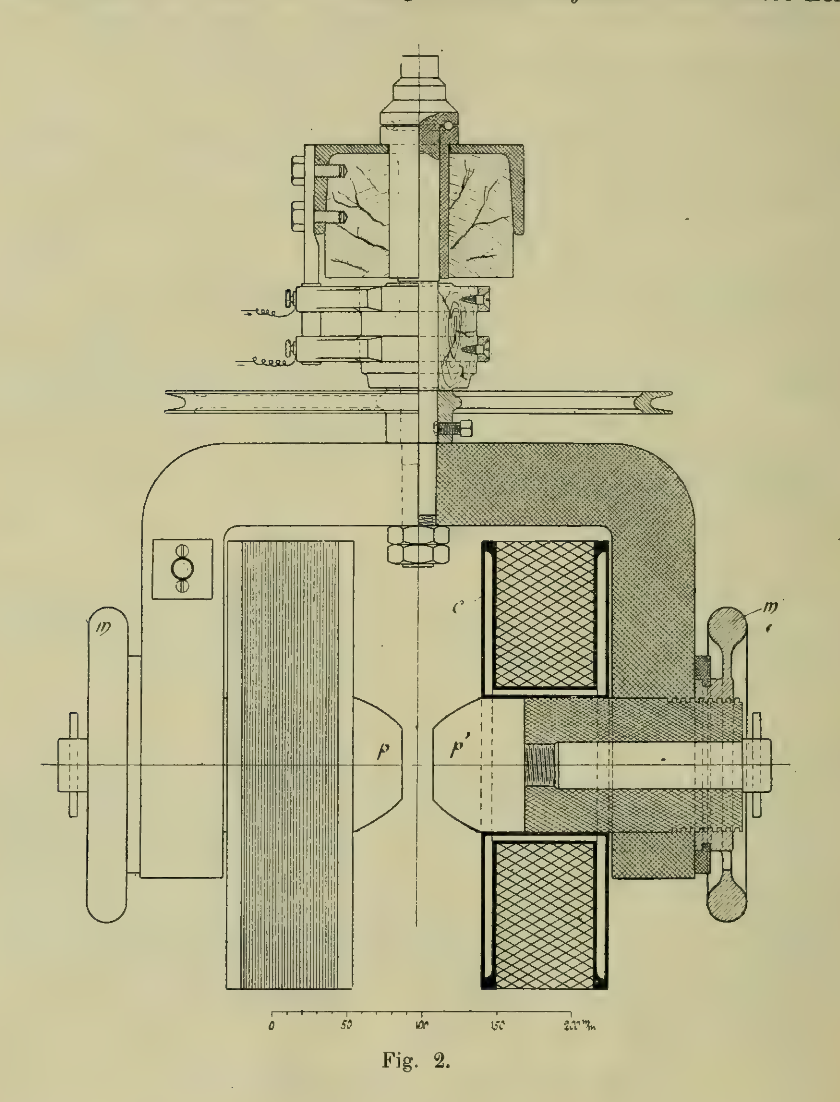


Fig. 2.

auch eine Belastung bis zu 25 Ampère gewagt werden, ohne dass die Erwärmung der Spulen bedenklich geworden wäre. Die zylindrischen Eisenkerne der Spulen besassen einen Durchmesser von 90 mm und waren mit sich konisch verjüngenden Polschuhen versehen, so dass die ebene Polfläche, am Interferrikum gemessen, einen Durchmesser von 48 mm besass.

Das Magnetfeld.

Da frühere Untersuchungen [1]) gezeigt haben, dass der Einfluss des Ellipsoides auf den Magnetismus der Polflächen erst vernachlässigt werden darf, wenn die Poldistanz etwa das 3-fache der Ellipsoidlänge geworden ist, so wurde diese auf 25 mm festgelegt. In der soeben zitierten Arbeit wurde auch nachgewiesen, wie erheblich der Einfluss einer Inhomogenität des magnetischen Feldes auf die Grösse des gemessenen Drehmomentes ist. Das Feld wurde daher vor allem auf seine Homogenität geprüft, und zwar mit einer kleinen in das Feld eingeführten Probespule und dem ballistischen Galvanometer. Es wurde die Änderung des Kraftflusses bei einer gemessenen Verschiebung der Spule innerhalb des Feldes relativ zu derjenigen bestimmt, die dem völligen Verschwinden des Feldes entsprach. Diese Bestimmung war für drei zu einander senkrechte Verschiebungen zu machen, wobei sich jedoch die dritte Veränderung mittelst der Laplace'schen Beziehung ($\triangle V = 0$) berechnen liess.

Mit völlig ebenen Polflächen zeigte das Feld anfänglich im Umkreis von 0,5 cm Radius um das Zentrum des Feldes herum eine Abnahme von 1,2 %. Die Korrektur wurde dadurch bewerkstelligt, dass die Polflächen vom Zentrum aus im Radius von etwa 8 mm nach einer Hohlkugelfläche ausgedreht wurden, bis zu einer Pfeilhöhe von 0,6 mm. Nachdem so mit der ballistischen Methode für eine Verschiebung von 5 mm vom Zentrum die Inhomogenität auf 0,3 % reduziert worden war, wurde das Ellipsoid aus reinem Nickel in die weiter unten noch zu besprechende Versuchseinrichtung hineingebracht, in der Absicht, durch die zu messenden Drehmomente in Funktion der Feldstärken das für diese Substanz wohlbekannte Annäherungsgesetz [2]) an die horizontale Asymptote der Sättigungsintensität für die gemessene Temperatur nachzuweisen. Da dieses Gesetz bei der angegebenen Homogenität noch nicht erfüllt war, wurden noch einige Retuschen der Polfläche bis zu der endgültigen Pfeilhöhe von 0,69 mm vorgenommen. Freilich erwies sich die zu dieser Messung benutzte Feder nachträglich als nicht ganz zuverlässig und die mit ihrer Hilfe vorgenommene Korrektur als zuweit gehend, indem das mit der endgültig gebrauchten Feder nachgewiesene scheinbare Annäherungsgesetz zwischen den Feldern 5000 und 10000 Gauss einen Abfall der Magnetisierungsintensität von 0,05 % statt eines Zuwachses von 0,1 % ergab. Die daraus resultierende Korrektur ist jedoch so geringfügig, dass sie nachträglich in den Resultaten angebracht werden konnte.

---

[1]) Weiss & Kamerlingh Onnes; l. c.

[2]) P. Weiss; Arch. phys. nat. (4) t. XXIX. S. 194. 1910.

Nachdem dem Magnetfeld so seine endgültige Form gegeben war, konnte auch die endgültige Aichung des Feldes in Funktion des durch die Spulen fliessenden Stromes vorgenommen werden. Hierzu wurde für Feldstärken bis zu 10500 Gauss die absolute elektromagnetische Wage nach Cotton [1]) benutzt; die höheren Feldstärken jedoch wurden bloss relativ mittelst der ballistischen Methode bestimmt.

Die absoluten Messungen wurden mit besonderer Sorgfalt durchgeführt. Bei jeder Intensität des Magnetstromes wurden 4 Messungen ausgeführt, indem sowohl das Feld als auch der durch die Wage fliessende Strom kommutiert wurden. Der Einfluss des Magnetismus der Wage wurde für jede Feldstärke durch eine stromlose Messung festgestellt. Das für die Messung des Wagestromes gebrauchte Ampèremeter war ein Präzisionsinstrument von Siemens & Halske, das in genügender Entfernung sowohl vom Elektromagneten als auch von solenoidartig gebauten Rheostaten aufgestellt war, um Einwirkungen auf das Instrument auszuschliessen. Die Angabe des Instrumentes wurde ausserdem mittelst eines in den Stromkreis eingeschalteten, im Petrolbad befindlichen Normalwiderstandes von 0,1 leg. Ohm geaicht, in dem die Spannung an dessen Klemmen mit dem Kompensationsapparat und einem Weston'schen Normalelement gemessen wurde. Um auch die kleinen eventuellen Fehler des Kompensationsapparates unschädlich zu machen, wurde mit einem Wagestrom von ungefähr 10 Ampère gearbeitet, wodurch die zu messende Spannung mit der des Normalelementes (1,0188 Volt) von gleicher Grössenordnung wurde, und daher keine wesentliche Verschiebung der Schleifkontakte notwendig machte. Der Normalwiderstand aber wurde seinerseits mit einem ganz zuverlässigen und von der Physikal. Tech. Reichsanstalt mit Aichschein versehenen 0,1 int. Ohm verglichen und demgemäss die Messungen korrigiert.

Das Resultat dieser Aichung ist die folgende Tabelle.

Tabelle III.

Ampère	Gauss	Ampère	Gauss
1,0	724	15,0	10507
3,0	2232	17,0	11295
5,0	3761	19,0	11954
7,0	5350	21,0	12364
9,0	6795	23,0	12775
11,0	8288	25,0	13082
13,0	9550	27,0	13406
		29,0	13610

[1]) A. Cotton; L'Eclairage électrique, t. XXIV. 257. 1900.

Die Messung des Drehmomentes.

Die zur Messung des Drehmomentes zur Verwendung gebrachte Einrichtung stimmte in ihren wesentlichen Teilen mit dem schon von F. Hegg[1]) beschriebenen Apparate überein. (Vergl. Fig. 3a und 3b.) Eine vertikale Achse *(a)*, auf deren Verlängerung sich das zu untersuchende Ellipsoid *(E)* befindet, ist mit kegelförmig ausgeschliffenen Saphirsteinen bester Qualität zwischen zwei glasharten

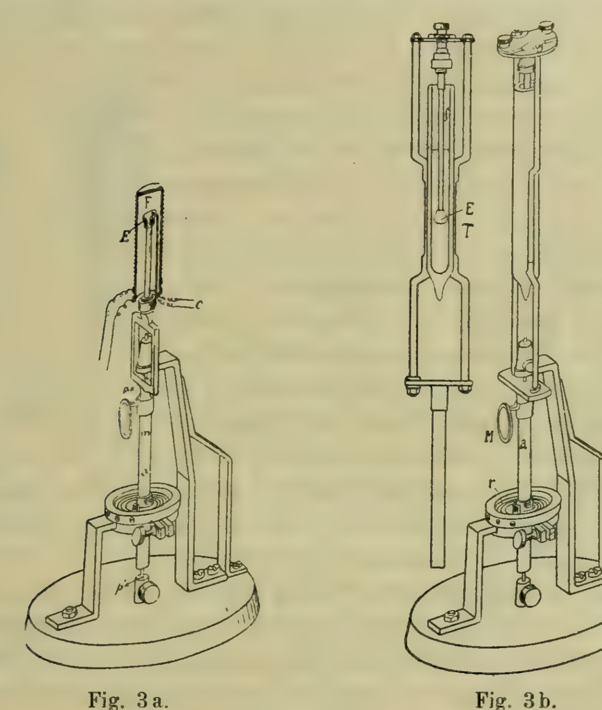


Fig. 3a. Fig. 3b.

Stahlspitzen *(p)* gelagert. An dieser Achse ist in einer Horizontalebene eine Spiralfeder *(r)* aus Phosphorbronze angebracht, die andererseits auch mit einem zur Achse konzentrischen starren Ring fest verklemmt ist; durch die Deformation dieser Feder wird das Drehmoment magnetischen Ursprungs im Gleichgewicht gehalten und gemessen.

Die schliesslich zur Verwendung gekommene Feder war das Produkt langwieriger Versuche und unangenehmer Enttäuschungen. Die zuerst ins Auge gefassten sog. kompensierten Schraubenfedern zeigten starke Nachwirkungen und auch sonstige, unaufgeklärt gebliebene Unregelmässigkeiten. Die verhältnismässig grossen Kräfte, die bei den vorliegenden Untersuchungen ins Spiel traten (es waren Drehmomente bis zu 270000 Dyn · cm zu messen) verlangten relativ

[1]) F. Hegg; l. c. 603.

starke Federn, und da der für deren Unterbringung zur Verfügung stehende Raum beschränkt war, so musste mit nicht mehr ganz kleinen spezifischen Deformationen gearbeitet werden.

Die schliesslich verwendete Feder hatte drei Windungen (Querschnitt: $1{,}35 \times 5{,}32$ mm²) und zeigte für den Winkel 1 in Bogenmass eine Federungsarbeit von $2{,}58 \cdot 10^6$ Erg. Der Abstand zwischen dem auf der Drehachse befestigten Spiegel *(M)* und der Skala wurde möglichst gross gewählt (475 cm). Die Länge der dabei vollständig ausgenützten Skala betrug 1 Meter, die maximale Verdrehung der Achse 2,5 bis 3 Grade. Ausserdem wurde innerhalb dieses Bereiches die Proportionalität zwischen wirksamem Drehmoment und Ausschlag der Feder durch einen besonderen Aichversuch festgestellt, was bei der komplizierten Beanspruchung, der eine beidseitig eingespannte Spiralfeder von zudem geringer Windungszahl ausgesetzt ist, nicht von vornherein als überflüssig anzusehen war. Diese Aichung wurde nach der von Lord Kelvin[1]) angegebenen Methode durchgeführt.

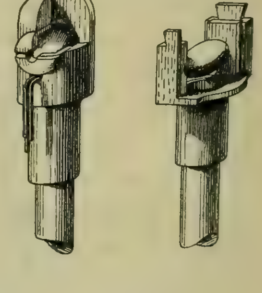
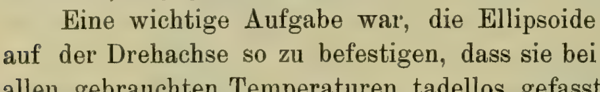


Fig. 4a. Fig. 4b.



Eine wichtige Aufgabe war, die Ellipsoide auf der Drehachse so zu befestigen, dass sie bei allen gebrauchten Temperaturen tadellos gefasst blieben und dennoch gegeneinander rasch ausgewechselt werden konnten. Gleichzeitig mussten sie stets vor Oxydation geschützt bleiben.

Die letztere Aufgabe wurde dadurch zur vollen Zufriedenheit gelöst, dass ein Wasserstoffstrom durch ein feines Röhrchen aus Quarzglas in den oberen Teil des noch zu besprechenden Ofens eingeleitet wurde, aus dem er wegen seines geringen Gewichtes die vorhandene Luft vollständig verdrängte. Diese Methode empfahl sich von vornherein gegenüber allen noch in Frage kommenden. Eine Störung des Temperaturgleichgewichtes trat ebenfalls nicht auf, da das längs der ganzen Ofenwand emporführende dünne Röhrchen ein gleichmässiges Vorwärmen des Wasserstoffes bewirkte und gleichzeitig das stossweise Einfliessen desselben verunmöglichte.

Die Fassung der Ellipsoide wurde jedoch in zwei Arten ausgeführt. Für Temperaturen bis zu etwa 700° C. wurde eine Fassung aus elektrolytisch reinem Kupfer gewählt. (Vergl. Fig. 4a.) Ein zylindrischer Teil, der auf die, in ihrem in den Ofen ragenden Teil aus einem Porzellanröhrchen bestehende Drehachse konzentrisch aufgekittet war, war seinerseits durchbohrt von einem kleineren

[1]) Benützung der Ablenkung eines einfachen Pendels zur Ausübung eines bekannten Zuges.

Zylinder mit horizontaler Achse. Dieser letztere Zylinder nun bestand jedoch aus zwei ausgebohrten Hälften und auch die beiden Stirnflächen waren zentrisch mit kleinen Bohrungen versehen, in welche die Spitzen der Ellipsoide gerade hineinpassten, ohne dass im übrigen die Wandflächen der beiden Hälften dieses Hohlzylinders das Ellipsoid berührt hätten und ohne dass sie, bei eingelegtem Ellipsoid, unter sich zusammengestossen wären. Der so gefüllte Hohlzylinder wurde nun in den grösseren Kupferzylinder, in den er gut eingepasst war, eingeschoben und noch mit einer Bindung aus Kupferdraht gesichert. Einige Bohrungen sorgten dafür, dass durch sie die vorhandene Luft entweichen, resp. der Wasserstoff zu dem Versuchskörper zutreten konnte und gestatteten auch, dass die Lötstelle des zur Temperaturmessung verwendeten Thermoelementes das Ellipsoid direkt berührte.

Nachdem sich für das genannte Temperaturintervall diese Einrichtung bewährt hatte, musste auch für die Temperaturen bis zu 1200° C. eine geeignete Fassung konstruiert werden. Zu diesem Zweck empfahl sich das Nickel, das ja bei diesen Temperaturen seine störenden magnetischen Eigenschaften bereits verloren hat. Dagegen konnte befürchtet werden, dass eine direkte Berührung des Ellipsoides und der Nickelfassung eine Verschweissung der beiden Teile oder gar eine Veränderung des Prozentgehaltes der Legierung zur Folge gehabt hätte mit all den daraus resultierenden Störungen. Dies konnte vermieden werden, indem die Spitzen der Ellipsoide in kleine Schalen aus gebrannter Magnesia, wie sie leicht aus grösseren Stücken herausgeschnitten werden konnten, gelagert wurden. (Vergl. Fig. 4 b.) Diese beiden Magnesiaschalen, mitsamt dem zwischen sie gelagerten Ellipsoid, wurden nun von einer aus Nickelblech gearbeiteten kleinen Klammer umschlossen, die ihrerseits wiederum mit einer Masse aus Kaolin und Wasserglas auf ein Porzellanröhrchen aufgekittet war, das auswechselbar auf der Drehachse festgeschraubt werden konnte. Um ein Lösen dieser Klammer bei hohen Temperaturen zu verhindern, wurden deren schwalbenschwanzförmig ausgebildete Enden durch einen Nickeldraht etwas zusammengebunden. Auch hier konnte natürlich das Thermoelement direkt an die Substanz angelegt werden[1]).

Die Erzeugung der verschiedenen Temperaturen.

Zur Erzeugung der hohen Temperaturen dienten zwei elektrische Öfen von dem Typus derer, wie sie seit Curie in ähnlichen Fällen

[1]) Bei der Anfertigung und Reparatur dieser Fassungen, wie auch der übrigen Versuchseinrichtung leistete mir der Institutsmechaniker, Hr. A. Klöti, stets gerne verdankenswerte Hilfe.

schon wiederholt verwendet worden sind. Über einen vertikal gestellten, zylindrischen Metallmantel, der oben mit einer den Hohlraum abschliessenden Deckfläche versehen ist, ist eine Schicht elektrisch isolierenden Materials gelegt und darüber in bifilarer Wicklung der den Strom führende Heizdraht. Darüber ist eine weitere Schicht von Isoliermaterial zum Schutz der Bewicklung und zur Verminderung der Wärmeverluste gelegt. Der Mantel des einen Ofens bestand aus Kupfer und war mit Konstantandraht von 0,3 mm bewickelt. Er diente für die Temperaturen zwischen 20 und 700° C. Der zweite Ofen bestand vollständig aus Nickel, sowohl der Mantel als auch die Bewicklung, und er erwies sich als recht zweckmässig für alle Temperaturen zwischen 450 und 1200° C., wo die ferromagnetischen Eigenschaften des Nickels schon völlig verschwunden sind.

Man konnte argwöhnen, dass die Konstantanbewicklung des Kupferofens bei tiefen Temperaturen genügend stark ferromagnetisch wäre, um eine gewisse Schirmwirkung auf das Ellipsoid auszuüben. Ein Vorversuch erwies diese Befürchtung als völlig unbegründet.

Mit diesen Öfen gelang es, die Temperatur der untersuchten Substanz bis auf Zehntel von Graden konstant zu halten, indem kleine Schwankungen des Heizstromes durch einen in die Leitung eingebauten Momentunterbrecher und einen parallel zu den Regulierwiderständen gestellten Kurzschlusskontakt kompensiert wurden. Dies war auch deshalb notwendig, weil der Sauerstoff der Luft durch seinen Paramagnetismus, sobald ein Feld eingeschaltet wurde, in dieses, und somit auch in den Ofen, hineingezogen wurde. Dadurch wurde die Verbrennungszone des ausströmenden Wasserstoffs dem Ellipsoid genähert und dessen Temperatur erhöht. Es war also eine Regulierung des Heizstromes je nach der Intensität des gerade eingeschalteten Feldes notwendig

Für die Untersuchungen bei den Temperaturen des mit Äther getränkten Kohlendioxydschnees (—78° C.) und der flüssigen Luft (—184° C.)[1]) diente mir eine schon von F. Hegg benützte Einrichtung. (Vergl. Fig. 3b.) An Stelle der für die Untersuchungen bei höhern Temperaturen gebrauchten Drehachse musste lediglich eine andere eingesetzt werden, die nach oben in einen länglichen Rahmen endigte, dessen Mitte sich zwischen den beiden Polen des Elektromagneten befand. Dieser Rahmen trug nun sowohl das zur Aufnahme der Kältemischung, resp. der flüssigen Luft, dienende Dewar'sche Gefäss, als auch das von oben in dieses eingeführte, in der besprochenen Weise auf dem Porzellanstäbchen befestigte, Ellip-

[1]) Wegen der fraktionären Destillation der flüssigen Luft wird —184° als wahrscheinliche Siedetemperatur der verwendeten Flüssigkeit angenommen.

soid. Dieses Stäbchen konnte nun sehr rasch durch Lösen zweier Schräubchen von dem Rahmen abgehoben werden, so dass sich das Auswechseln der einzelnen Ellipsoide ebenso einfach gestaltete, wie bei der schon besprochenen Einrichtung für die höheren Temperaturen.

Eine Voruntersuchung ergab, dass der vorerwähnte Rahmen nicht völlig unmagnetisch war, sondern bei den grössten verwendeten Feldstärken einen maximalen Ausschlag von 2 mm auf der Skala gemessen verursachte. Die dadurch notwendigen Korrekturen wurden bei den Messungen berücksichtigt.

Die Temperaturmessung.

Die Temperaturen wurden mittelst eines Le Châtelier-Elementes aus Platin-Platinrhodium gemessen, wie sie W. C. Heraeus seit vielen Jahren in grosser Zahl geliefert hat. Die E. M. K. dieses Thermoelementes für die Schmelztemperaturen verschiedener Metalle als Fixpunkte wurde mit den Angaben eines dem Element beigegebenen Aichscheines verglichen, der von der Physikal. Tech. Reichsanstalt für ein Thermoelement aus dem gleichen Material ausgestellt worden war. Es wurden die Metalle Pb, Sn, Zn, Sb, Ag und Au verwendet und die kleinen, sich als notwendig erwiesenen Korrekturen überall angebracht.

Die Thermo-E. M. K. wurde mit einem Kompensationsapparat nach Francke gemessen, der gestattet, die Zehntel-Promille der E. M. K. noch zu schätzen, was einer bis auf die Zehntelgrad genauen Temperaturmessung gleichkommt. Das die Fundamentalspannung liefernde Weston'sche Normalelement von der E. M. K. $E = 1{,}0188\,(1 - 0{,}000038\,[t - 20])$ wurde im Verlauf der ganzen Arbeit zwei Kontrollaichungen unterzogen. Die Einstellung des Kompensationsapparates wurde mit einem Drehspulengalvanometer und auf transparenter Skala objektiv sichtbarem Lichtfaden vorgenommen, wobei einer Veränderung der Temperatur um $^1/_{10}{}^\circ$ C. ein Ausschlag des Lichtfadens von 3 mm auf der Skala entsprach.

Methode der Beobachtungen und Disposition der Apparate.

Es erübrigt noch zu bemerken, dass der das Feld erregende Magnetstrom mittelst eines Präzisionsinstrumentes von Siemens & Halske gemessen wurde, bei dessen Aufstellung besonders darauf geachtet wurde, dass es sich ausserhalb aller störenden Magnetfelder befand.

Da auch die endgültig zur Messung des Drehmomentes verwendete Spiralfeder nicht völlig frei von einer gewissen elastischen

Nachwirkung war, wurden vor der eigentlichen Messung stets einige präliminäre Deformationen auf den maximalen Ausschlag bewirkt, bis die Feder unmittelbar nach Verschwinden des Magnetfeldes auf ihre Ausgangsstellung zurückkehrte. Die Zeitdauer eines gemessenen Ausschlages wurde durch dieses Vorgehen auf ein Minimum reduziert und elastische Nachwirkungen hatten nicht Zeit, sich auszubilden. Zur Überwindung kleiner Reibungswiderstände wurde die Apparatur durch einen Wagner'schen Hammer in leichte Vibration versetzt. Die so durchgeführten Messungen stimmten stets gut unter sich überein und wurden ausschliesslich berücksichtigt. Es muss hier hinzugefügt werden, dass die erwähnten Nachwirkungen nicht etwa auf einen remanenten Magnetismus zurückgeführt werden konnten, da sie durch Verdrehen des Magneten nicht zu beeinflussen waren.

Das Messinstrument für den Magnetstrom, das Fernrohr zur Beobachtung des Federausschlages und die Skala zur Kontrolle der Konstanz der Temperatur ebenso wie das den Heizstrom anzeigende Ampèremeter waren so aufgestellt, dass sie gewissermassen in einem Augenblick übersehen werden konnten. Gleichzeitig gestattete eine nach dem Magneten hinführende und um ein auf dessen Achse befestigtes Rad geschlungene Hanfschnur, diesen vom Platz des Beobachters aus mit aller wünschbaren Genauigkeit zu verdrehen.

IV.

Die Messungen über dem Umwandlungspunkt.

A. Die Methode.

Das Prinzip der Methode, die für diese Messungen angewandt wurde, ist das der klassischen Versuche von P. Curie[1]). Ein inhomogenes Feld übt auf eine magnetisierbare Substanz einen Zug aus, derart, dass diese nach dem Ort maximaler Feldstärke hingezogen wird. Liegt dieses Feld zwischen zwei völlig symetrischen Magnetpolen, so wirkt diese Kraft in der Ebene, i. B. auf welche die beiden Pole spiegelsymetrisch sind. Die Grösse dieser Kraft ist:

$$K = M \chi H \frac{\delta H}{\delta x},$$

worin H die Feldstärke am Ort der zu untersuchenden Substanz, M deren Masse und χ der ihr eigene Koeffizient der spezifischen Magnetisierung bedeuten. Unter dem Koeffizienten der spezifischen Magnetisierung verstehen wir dabei die „Suszeptibilität“ bezogen auf die Masseneinheit der Substanz.

---

[1]) P. Curie; Ann. Chim. Phys. (7) t. V. 289. 1895. Oeuvres 232.

Der Ausdruck $H \frac{\delta H}{\delta x}$ besitzt ein Maximum und folglich auch die auf die Substanz ausgeübte Kraft, wenn mit veränderlichem Feld die Grösse von χ konstant bleibt, wie es ja für den rein paramagnetischen Zustand charakteristisch ist. Ist die Grösse dieses Ausdruckes sowie M und K bekannt, so lässt sich aus obiger Gleichung χ berechnen. Curie hat den Wert dieses Ausdruckes durch absolute Messungen bestimmt. Man kann aber zuverlässiger und einfacher diesen Wert einfach eliminieren, indem man eine Vergleichsmessung mit einer nach M und χ bekannten Aichsubstanz ausführt und die zu bestimmende Massensuszeptibilität für die gleiche Feldstärke zu der bekannten ins Verhältnis setzt. Mögliche Fehler, die daher rühren, dass sich bei dieser Vergleichsmessung die beiden Massen nicht genau im gleichen Punkte des Feldes befinden, lassen sich dadurch vermeiden, dass man die Messung am Ort maximaler Kraftwirkung ausführt, der auch im vorliegenden Falle, wie die in Fig. 6 eingezeichnete Kurve zeigt, genügend ausgedehnt war.

Vor allem musste also eine solche Aichsubstanz beschafft werden. Der Weg, der dazu eingeschlagen wurde und die Resultate dieser Bestimmungen sollen im folgenden wiedergegeben werden.

B. Beschaffung der Aichsubstanz.

Methode und Versuchsanordnung.

Als Aichsubstanz wurde eine etwa halb konzentrierte Lösung von Kobaltnitrat in destilliertem Wasser gewählt, da diese Substanz verhältnismässig stark magnetische Eigenschaften aufweist. Die Suszeptibilität dieser Lösung wurde nach der von Quincke angegebenen Methode der magnetischen Steighöhe bestimmt. Bedeutet nämlich χ die gesuchte Massensuszeptibilität, sind ferner in der durch Fig. 5 skizzierten Anordnung H und H' die magnetischen Feldstärken an den Orten P und C, q und Q die Oberflächen der Flüssigkeit daselbst, h die durch das Feld bewirkte Niveaudifferenz in der Steigröhre und endlich g die Konstante der Gravitation, so gilt:

$$\chi (H^2 - H'^2) = 2\, g\, h \cdot \frac{Q + q}{Q}\,.$$

Die Beobachtung der Steighöhe h liefert also bei bekannten Feldern H und H' ein Mittel zur Bestimmung von χ.

Die hauptsächlichen hierzu verwendeten Apparate sind in der Fig. 5 dargestellt. Ein Elektromagnet E, in seinen wichtigen Teilen nach Grösse und Konstruktion mit dem bereits beschriebenen übereinstimmend, diente zur Erzeugung des Feldes. An Stelle der konisch

zulaufenden waren hier zylindrische Polschuhe mit ebener Stirnfläche von 90 mm Durchmesser aufgeschraubt. Das Interferrikum betrug 7 mm, so dass das Feld in einem Umkreis von 3 bis 4 cm Radius als konstant angesehen werden durfte. Die in der aus Fig. 5 ersichtlichen Weise geformte Steigröhre war auskalibriert. Sie besass 2 mm lichte Weite und tauchte mit ihrem einen Ende in eine 30 cm von der Magnetachse entfernte Kristallisierschale. Die Oberfläche der darin befindlichen Flüssigkeit betrug beinahe das 6000-fache des Röhrenquerschnittes, so dass in der obigen Gleichung $(Q+q):Q = 1{,}0001$ durch die Einheit ersetzt werden durfte. Ebenso durfte bei der gegebenen Anordnung H' gegenüber H vernachlässigt werden, da das Verhältnis $H':H$ kleiner als $1:600$ war und in die Gleichung ja nur die Quadrate der Feldstärken eintreten.

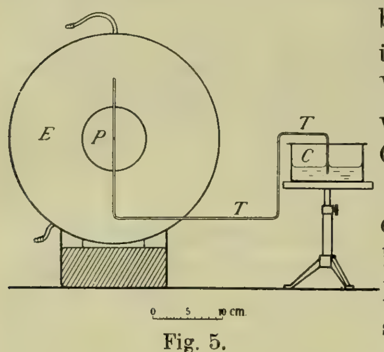


Fig. 5.

Die Steighöhen wurden mittelst eines sorgfältig justierten Kathetometers bei einer ganzen Reihe verschiedener Feldstärken beobachtet. Für jede Feldstärke wurden dabei vier Bestimmungen mit jeweils kommutiertem Magnetfeld vorgenommen. Der übrigens äusserst geringe Einfluss des remanenten Feldes wurde dabei stets durch entmagnetisieren eliminiert.

Die Intensität des Magnetfeldes wurde auch hier mit der Cotton'schen Wage in ganz entsprechender Weise und mit den gleichen Vorsichtsmassregeln gemessen, wie in dem bereits beschriebenen Fall.

Vor der Erregung des Feldes wurde die innere Wand der Steigröhre stets durch leichtes Ansaugen der Flüssigkeit benetzt. Die Beobachtung des Niveau war, dank der stark roten Färbung des Kobaltnitrates, mit keinerlei Schwierigkeiten verbunden. Für die Messungen wurde stets die ganze Menge der vorhandenen Lösung (ungefähr 300 cm^3) verwendet. Ebenso wurde bei jeder Messung auch die Temperatur der Flüssigkeit bestimmt.

Resultate.

Die in dieser Weise bestimmten Werte der Massensuszeptibilität geben selbstverständlich nur deren scheinbaren Wert gemessen in Luft, doch ist es ja gerade dieser, welcher für die besprochenen Vergleichsmessungen in Betracht kommt. Die Korrektur auf den absoluten Wert würde jedoch nicht einmal 0,5 % der unten gegebenen Grösse betragen.

Es folgen in Tabelle IV die gemessenen Grössen.

Tabelle IV.

Temperatur = 19° C.

Feldstärke H Gauss.	Steighöhe h cm	$10^8 \frac{h}{H^2}$
14857	1,228	0,5565
15272	1,292	0,5540
15620	1,357	0.5563
15924	1,405	0,5540
16170	1,453	0,5558
16420	1,493	0,5540
16613	1,535	0,5565

$$\text{Mittelwert von } \frac{h}{H^2} = 0{,}5554 \cdot 10^{-8}$$

$$g = 980{,}55 \frac{\text{cm}}{\text{sec}^2}$$

$$\chi = 2g\frac{h}{H^2} = 0{,}5554 \cdot 1961{,}1 \cdot 10^{-8} = 10{,}89 \cdot 10^{-6}$$

Nachdem diese Versuche beendigt waren, wurde die Flüssigkeit in einer Glasflasche mit gut eingeschliffenem Stopfen verwahrt und nach Bedarf einige Glaskugeln von 5—8 mm Durchmesser mit ihr gefüllt, um, auf der weiter unten zu beschreibenden Versuchseinrichtung befestigt, als Aichsubstanz dienen zu können.

Während der Arbeit zeigte es sich, dass das Kobaltnitrat etwas zu schwach magnetisch war, um die Konstante des Apparates mit der wünschbaren Sicherheit bestimmen zu können; auch war eine Kontrollmessung bei der Wichtigkeit der Sache erwünscht.

Eine bei 0° C gesättigte Lösung von Manganchlorid diente zu dieser Kontrolle.

Für die Bestimmung der Subzeptibilität dieser Flüssigkeit wurde die Methode dahin verändert, dass nicht direkt die Steighöhe bestimmt wurde, sondern dass diese nach dem Vorgang von Olivier durch Senken des Flüssigkeitsbehälters kompensiert wurde, was den Vorteil hat, dass das Niveau in der Röhre stets an derselben Stelle steht und somit ein absolut konstanter Rohrquerschnitt nicht erforderlich ist. Die Temperaturkorrekturen, sowie die Korrektur der Steighöhe, die dadurch veranlasst wird, dass bei dieser Art vorzugehen die Steigröhre nicht immer gleich tief in den Flüssigkeitsbehälter eintaucht, wurden berücksichtigt.

Das für diese Messung benutzte Feld war stets gleich 15207 Gauss. Die Temperatur war sehr konstant und im Mittel 18,86° C. Die korrigierte Steighöhe betrug 5,353 cm und somit ergab sich $\chi = 45{,}409 \cdot 10^{-6}$ oder:

für 19° C. $\chi = 45{,}387 \cdot 10^{-6}$.

Diese Lösung ist, wie man sieht, sehr stark magnetisch und hat sich gut bewährt.

C. Die Versuchseinrichtung für die eigentlichen Messungen.

Das inhomogene Feld.

Das für diese Messungen notwendige inhomogene Feld wurde durch einen Ruhmkorff'schen Elektromagneten erzeugt, dessen mittlerer Teil von oben gesehen in Fig. 6 dargestellt ist. Die beiden konisch gedrehten Polschuhe sind in symetrischer Weise durch zwei vertikale Ebenen abgeschnitten, die unter sich einen Winkel von etwa 60° einschliessen. Die beiden Spulen wurden stets mit 15 Ampère belastet, was einem Feld von 2130 Gauss entsprach. Um bei den hohen Temperaturen ein schädliches Erwärmen der Polschuhe zu verhindern, waren diese mit in der Figur nicht gezeichneten Kaltwasserbehälternumgeben. Der

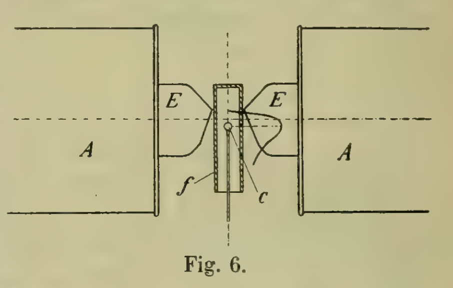


Fig. 6.

ganze Magnet ruhte auf vier mit Hohlkehle versehenen Rollen, die auf zwei Schienen (R) (Fig. 7) geführt wurden, welche parallel zur Spiegelsymetrieebene des Magneten (A) gelegt waren, so dass er durch eine vom Platze des Beobachters zu betätigende Schraube auf diesen Schienen relativ zur Versuchssubstanz (C) verschoben werden konnte, bis sich diese am Orte maximaler Kraftwirkung befand. Die Stellung der Schraube konnte durch einen mit ihr starr verbundenen Zeiger und ein mit ihr koachsiales, jedoch festes Zifferblatt konstatiert werden.

Das Messen der Kraft.

Die auf die Versuchssubstanz ausgeübte Zugkraft wurde mittelst einer Kompensationsmethode gemessen, die darin bestand, dass diese durch die Abstossung zweier koachsialer Spulen (B und b) wieder in ihre Ausgangsstellung zurückgeführt wurde. Die kleinere dieser Spulen b in Fig. 7 war mit der Substanz C auf der gleichen Achse aus Quarzglas befestigt, deren Verlängerung mit einer Spitze p exzentrisch auf einen kleinen Spiegel m aufstiess, so dass durch deren Verschiebung eine Verdrehung des letzteren bewirkt wurde, die durch einen auf transparenter Skala objektiv sichtbaren Lichtfaden gemessen werden konnte. Dieser bewegliche Teil bildete als Ganzes ein an vier Fäden aufgehängtes Doppelpendel. Als Material für diese Fäden diente ganz dünnes versilbertes Kupferband, wie es als Christbaumschmuck

käuflich ist. Durch deren V-artige Anordnung wurde eine seitliche Verschiebung der Substanz im Magnetfeld verunmöglicht. Die zweite,

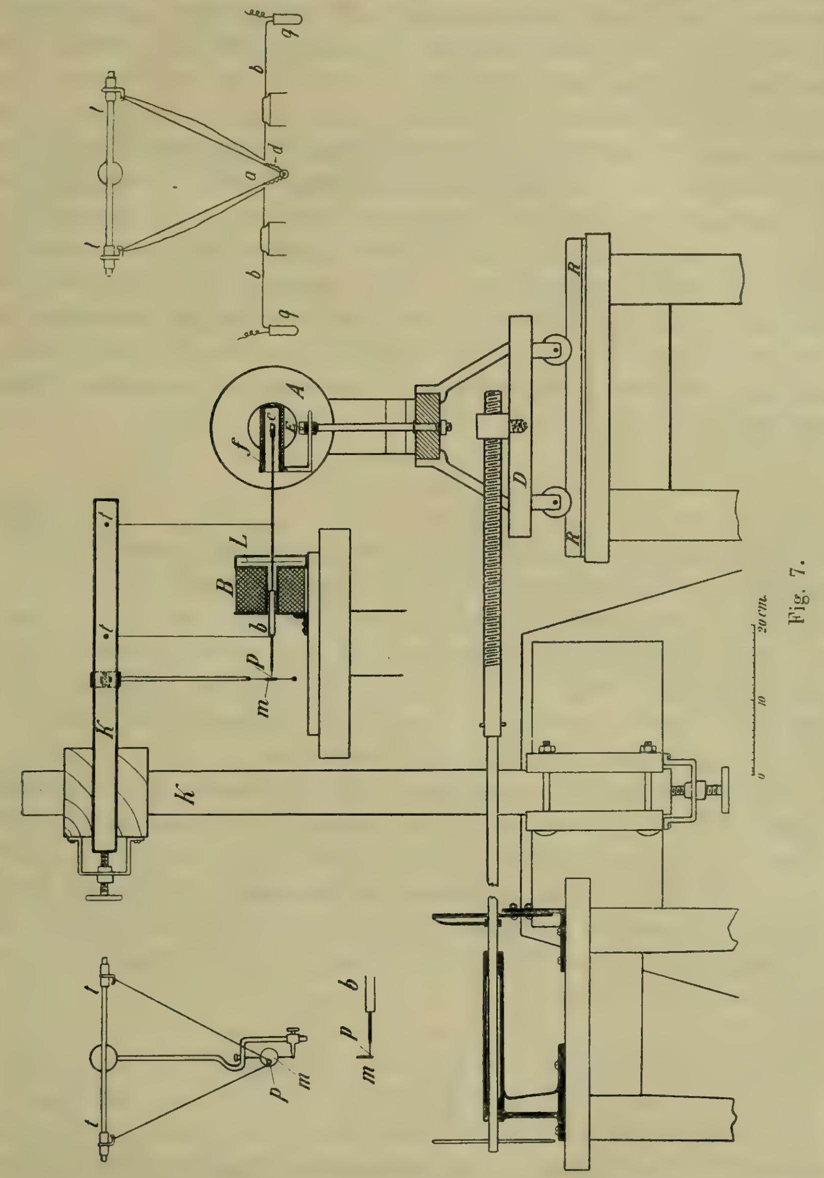


Fig. 7.

grössere Spule *B* war fest und völlig isoliert auf einem Bock aufgestellt. Ebenso ohne Kontakt mit irgend welchen Teilen der übrigen Versuchseinrichtung war der Träger *K* an einem auf einer Betonsäule ruhenden Steinsockel befestigt. Die beiden Spulen waren, um kleine gegenseitige Verschiebungen derselben unschädlich zu machen,

so gestellt, dass jede um ihre halbe Länge über die andere hinausragte. Um lang andauernde Schwingungen des Pendels zu verhindern, war bei L eine leichte Aluminiumscheibe auf das Quarzstäbchen aufgesteckt, die durch ihre Bewegung in einem geschlossenen Raum eine ausgiebige Luftdämpfung bewirkte.

Die kleine Spule war während einer Versuchsserie stets von einem völlig konstanten Strom durchflossen, während die grössere nach Massgabe der zu kompensierenden Kraft erregt wurde, bis der vom Spiegel reflektierte Lichtfaden wieder in seine ursprüngliche Ruhelage zurückgekehrt war. Das Produkt der in diesem Moment gemessenen beiden Ströme i und J gibt ein Mass für die Grösse der kompensierten Kraft und somit für das Produkt aus der Masse M des untersuchten Körpers und der Grösse χ seiner Massensuszeptibilität. Bedeutet B eine den beiden Spulen eigene Apparatkonstante, so gilt demnach:

$$\chi = B \frac{iJ}{M} = A \frac{J}{M},$$

wobei sich $A = Bi$ für jeden Wert von i aus einer einmaligen Aichmessung für ein bestimmtes i durch Proportionalität ergibt.

Das äusserst leicht bewegliche Pendel musste zum Schutz gegen störende Luftströmungen mit einem allseitig geschlossenen Holzgehäuse umgeben werden. Auf der Seite des Spiegels war ein kleines Fenster angebracht, auf der Seite des Ofens eine kleine Öffnung, die dem Quarzstäbchen freien Durchtritt gestattete.

Es bleibt noch zu erwähnen, dass der durch die bewegliche Spule fliessende Strom durch die beiden Pendelfäden nächst dem Spiegel zu- resp. abgeführt wurde. Durch diese Anordnung wurde seine elektrodynamische Reaktion im Magnetfeld vollständig kompensiert, so dass das gemessene Stromprodukt völlig unabhängig war von der Richtung des Magnetfeldes oder des die bewegliche Spule durchfliessenden Stromes.

Die Erzeugung der hohen Temperaturen.

Die in diesem Teil der Arbeit zur Verwendung gekommenen Öfen waren durchaus gleicher Konstruktion, wie die bereits beschriebenen. Die ganze Versuchsanordnung machte jedoch deren Verwendung mit horizontal gerichteter Längsachse notwendig. Dabei stellte sich der Übelstand ein, dass der zuerst als inerte Atmosphäre vorgesehene Wasserstoff sich schon einige Zentimeter innerhalb des Ofens an der Luft entzündete und dadurch äusserst unangenehme Unregelmässigkeiten in der Temperaturverteilung hervorrief.

Dieser Umstand war wichtig, weil darauf Wert zu legen war, dass der Ofen ein flachverlaufendes Temperaturmaximum zeige, gross genug, um in einem Raumteil von der Grösse des Versuchskörpers keine nennenswerten Temperaturdifferenzen aufzuweisen. Dieser Ort maximaler Temperatur musste für die Messungen mit dem Ort maximaler Kraftwirkung im Magnetfeld und mit dem Versuchsobjekt selbst zur Koinzidenz gebracht werden. Es musste also nach einem andern neutralen Gas Ausschau gehalten werden.

Da empfahl sich zunächst wieder der Stickstoff, der zuerst durch Überleiten von Luft über glühende Kupferspäne gewonnen wurde, worauf er mittelst konzentrierter Schwefelsäure getrocknet, durch ein dünnes Quarzglasröhrchen in den Ofen einströmte. Die Temperaturverteilung wurde durch diesen Stickstoff in keiner Weise mehr gestört, dagegen vermochte er eine leichte Oxydation des Ellipsoides nicht zu verhindern. Ein eingeschalteter Versuch mit im völlig luftfreien Kipp'schen Apparat hergestelltem Kohlendioxyd führte zu weit schlechteren Resultaten. Ein erneuter Versuch mit über glühenden Kupferspänen gereinigtem Bombenstickstoff befriedigte schliesslich.

Zur Verwendung gelangte ein Nickelofen, der gewöhnlich bis zu 1100° und 1200° C gebraucht wurde, gelegentlich aber auch mehrfach Temperaturen über 1300° aushielt. In der Regel fand jedoch für die höchsten Temperaturen ein Platinofen Verwendung.

Der Nickelofen war 90 mm lang und besass eine lichte Weite von 15 mm. Die Dicke des Nickelmantels betrug 2 mm. Die Heizbewicklung bestand aus 0,7 mm Nickeldraht. Dieser Ofen wies ein äusserst flaches Temperaturmaximum auf, das auf einer Länge von 15 mm noch bei 800° C einen Temperaturabfall von nur 5 ‰ aufwies.

Der Platinofen hatte eine Länge von 80 mm, 14 mm lichte Weite und die Dicke des Mantels betrug 1 mm. Die Bewicklung bestand aus Platinband. Das hier erreichte Temperaturmaximum war nicht so flach, zeigte jedoch immer noch auf 1 cm Länge nicht mehr als ungefähr 6 ‰ Abweichung vom Maximalwert. Die Führung, Regulierung und Messung des Heizstromes war im übrigen hier ganz entsprechend der früher beschriebenen Anordnung durchgeführt.

Die Temperaturmessung.

Ein Platin-Platinrhodium-Element von der gleichen Art, wie das schon beschriebene, und in gleicher Weise kontrolliert, diente zur Temperaturmessung. Von Anfang an war darauf Wert gelegt worden, die Temperatur direkt am Versuchsobjekt zu bestimmen. Zu diesem Zweck musste das Thermoelement auf dem Quarzstäbchen, das gleichzeitig die Substanz trug, befestigt werden. Weiter hinten

musste es jedoch in die Kühlgefässe mit schmelzendem Eis abgeführt werden, ohne dass dadurch die Beweglichkeit des Pendels beeinträchtigt werden durfte.

Diese Aufgabe wurde dadurch gelöst, dass das Thermoelement auf eine solche Länge gekürzt wurde, dass es gerade noch von den dem Ofen zunächst liegenden Aufhängefäden des Pendels bis zur Substanz reichte. Jeder Draht (*d*) (Fig. 7 oben rechts) des Thermoelementes wurde nun mit einem dieser Pendelfäden bei a verlötet, während dieser von der Befestigungsstelle (*t*) frei hängend wieder bis in die Nähe der Lötstelle zurückgeführt wurde. Hier wurde nun der abgeschnittene Teil (*b*) des Drahtes angelötet und zu dem in schmelzendem Eis befindlichen Quecksilbergefäss (*q*) fortgeführt. Die beiden Lötstellen, zwischen die das Aufhängeband gelötet war, befanden sich also beinahe an derselben Stelle, so dass man annehmen durfte, dass sie stets, wenigstens im Mittel, sich auf gleicher Temperatur befanden. Um dieser Annahme noch einen höhern Grad von Gewissheit zu verschaffen, wurde die zwischen der Lötstelle und dem Ofen sich befindende Wand des besprochenen Holzgehäuses besonders undurchlässig für Wärme gebaut. Auf ihrer äusseren Seite wurde nämlich ein beidseitig mit Zinnfolie bedeckter, 2 mm dicker Asbestkarton befestigt, der die vom Ofen ausgestrahlte Wärme teils zurückhielt, teils zerstreute. Dadurch wurde erreicht, dass auch bei den höchsten Temperaturen des Ofens hinter dieser Wand in der Nähe der für das Quarzstäbchen gelassenen Öffnung die Temperatur nicht mehr als 4 bis 5 Grad von derjenigen des Versuchsraumes abwich. Die übrige Einrichtung zur Bestimmung der thermoelektromotorischen Kraft war ganz entsprechend der schon früher beschriebenen. Die Komplikation durch Unterteilung des Thermoelementes hat während der ganzen Arbeit zu keinerlei Störungen Anlass gegeben.

Methode der Messungen und Nachtrag.

Es bleibt noch nachzutragen, wie die Versuchsellipsoide an dem Quarzstäbchen befestigt wurden. Ein Platinlöffelchen, etwas grösser als die Ellipsoide, wurde mit seinem röhrchenförmigen Stiel, der längs zweier Mantellinien etwas geschlitzt war, gut passend auf das Ende des Quarzstäbchens gesteckt. In diesem Löffelchen befand sich, in kalzinierte Magnesia eingebettet, das Ellipsoid, auf das von oben herab die Lötstelle des Thermoelementes reichte. Das von dem Paramagnetismus des Platinbehälters herrührende Korrektionsglied wurde in einem Vorversuch für alle Temperaturen bestimmt und bei der Berechnung der Resultate in Berücksichtigung gezogen.

Die Apparate waren so aufgestellt, dass sowohl der die Stellung des Kompensationsapparates, als auch der die Lage des Pendels kontrollierende Lichtfaden auf zwei übereinander befindlichen transparenten Skalen gleichzeitig beobachtet werden konnten. Dicht vor dem Beobachter befanden sich ferner die drei Instrumente, welche den Magnetstrom und die beiden durch die Kompensationsspulen fliessenden Ströme zu messen hatten. Sämtliche Regulierwiderstände konnten ebenfalls vom Beobachter bedient werden, ohne dass er seinen Platz verliess.

Vor jeder Versuchsserie wurde mit einer der erwähnten, mit Aichsubstanz gefüllten Glaskugeln die Konstante A des Apparates verifiziert. Hierauf wurde der Ofen wieder so zwischen die Pole gesetzt, dass sein Temperaturmaximum wieder mit dem Ort maximaler Kraftwirkung im Feld koinzidierte.

Es waren im Verlauf der Untersuchung Kräfte von sehr verschiedener Grösse zu messen, so dass die grösste Kraft etwa das 3000-fache und mehr der kleinsten Kräfte ausmachte. Dies war möglich durch regulieren des die bewegliche Kompensationsspule durchfliessenden Stromes von 0,012 bis 0,12 Amp. und des die feste Spule durchfliessenden Stromes von 0 bis 14 Ampère.[1]) Die Einrichtung höher zu beanspruchen wäre nicht ratsam gewesen.

Zum Schlusse möchte ich nicht unterlassen, hier zu bemerken, dass ich die Vergünstigung genoss, einen Grossteil der hier besprochenen Einrichtung, ohne grosse Veränderung von Herrn G. Foëx[2]) übernehmen zu dürfen, der auch die Freundlichkeit hatte, mich mit der Technik der Messungen vertraut zu machen, wofür ihm auch an dieser Stelle herzlich gedankt sei.

Die Bestimmung der Apparatkonstante.

Die kleinen Glaskugeln, die zur Aufnahme der Aichflüssigkeiten dienten, wurden zuerst im leeren Zustand auf ihre magnetischen Eigenschaften geprüft, denn es hatte sich gezeigt, dass einige dieser Kugeln durch eine zufällige Beimengung, wahrscheinlich von Eisen, im Glas erheblich magnetisch waren. Es wurde dann nur völlig unmagnetisches Glas verwendet. Zur Prüfung der Konstanz der Empfindlichkeit des Apparates vor jeder einzelnen Versuchsreihe diente eine Kugel mit Kobaltnitrat von günstigen Dimensionen, deren Glas zwar wahrscheinlich nicht völlig unmagnetisch war; was für diesen Zweck jedoch nichts auf sich hatte.

---

[1]) Verschiedene Nebenschlüsse zu dem hierzu benutzten Ampèremeter gestatteten stets die genügende relative Genauigkeit zu erreichen.

[2]) P. Weiss & G. Foëx; l. c.

Zur Bestimmung der Apparatkonstante dienten die folgenden, mit aller Sorgfalt ausgewählten und gefüllten Kugeln.

Erste Kugel.	Inhalt: $Co(NO_3)_2$-Lösung	0,5016 gr
	Versuchstemperatur	17,5° C
	Suszeptibilität	$10{,}945 \cdot 10^{-6}$
	Strom i. d. bew. Spule	0,016 Amp.
	Strom i. d. festen Spule	2,093 Amp.

Apparatkonstante: $A = 2{,}6193 \cdot 10^{-6}$

Zweite Kugel.	Inhalt: $MnCl_2$-Lösung	0,4649 gr
	Versuchstemperatur	20,8° C.
	Suszeptibilität	$45{,}109 \cdot 10^{-6}$
	Strom i. d. bew. Spule	0,016 Amp.
	Strom i. d. festen Spule	7,992 Amp.

Apparatkonstante: $A = 2{,}6235 \cdot 10^{-6}$

Weitere Kontrollmessungen mit zwei anderen Kugeln, deren eine 0,4310 gr und die andere 0,6877 gr Manganchlorid enthielt, ergaben für A die Werte $2{,}6223 \cdot 10^{-6}$ und $2{,}6182 \cdot 10^{-6}$. Mittelwert aller Messungen ist demnach:

$$\mathbf{A = 2{,}6208 \cdot 10^{-6}}.$$

V.

Die Resultate der Messungen.

A. Die Messungen unter dem Umwandlungspunkt.

Die Bearbeitung der Resultate.

Die Art und Weise, wie die Messungen durchgeführt wurden, ist bereits geschildert worden. Die an der Skala abgelesenen Ausschläge wurden mit Hilfe der Tabellen von Prof. Dr. A. Schweitzer auf die Proportionalität mit dem Verdrehungswinkel zurückgeführt, worauf nach der Gleichung:

$$\alpha = CV(N_K - N_L)\, I^2$$

das I und daraus, wie angegeben, das wirksame Feld H berechnet werden konnte. Bei ein und derselben Temperatur wurde das α für 3 bis 5 verschiedene Feldstärken gemessen und diese Ausschläge über den wahren Feldern H als Abszisse aufgetragen. Die so entstehenden Kurven sind, solange man sich im Gebiete der Sättigung des Materials befindet, mehr oder weniger gegen die Horizontale geneigte gerade Linien. Aus der in dieser Weise für jede Legierung erhaltenen Kurvenschar, bei welcher die Temperatur als Parameter auftritt, wurden nun die

zu dem wirksamen Feld 10 000 Gauss gehörigen Werte in Funktion der Temperatur in eine neue Kurve zusammengetragen. Meine Wahl fiel auf die genannte Feldstärke, weil es sich zeigte, dass dieses Feld bei den meisten untersuchten Legierungen deren magnetische Sättigung zu erzeugen vermochte. Freilich, die kobaltreichen Legierungen und das reine Kobalt machten, wie wir noch sehen werden, bei Temperaturen unter Umständen bis in die Nähe von 800° a. T. in dieser Beziehung eine Ausnahme. Aber auch im Gebiete der Sättigung konnte bei diesen Legierungen, die sehr starke entmagnetisierende Felder ergeben, der Elektromagnet nicht immer so stark erregt werden, dass ein wirksames inneres Feld von 10 000 Gauss wirklich erreicht worden wäre. Aus der oben gegebenen Charakterisierung der Kurven $\alpha = f(H)$ erkennt man aber, dass eine dadurch notwendige Extrapolation (die übrigens nie sehr gross war) unbedenklich vorgenommen werden durfte.

Für die Versuche bei den tiefen Temperaturen des mit Äther getränkten Kohlensäureschnees und der flüssigen Luft musste, wie schon erwähnt, eine speziell für diesen Zweck gebaute Aufhängung für die Ellipsoide benutzt werden, die ausser dem Ellipsoid gleichzeitig noch das Dewar'sche Gefäss zur Aufnahme der Kältemischung trug. Die Korrektur, die infolge einer schwachen Magnetisierbarkeit des Konstruktionsmaterials notwendig war, wurde angebracht. Trotzdem ergaben die Messungen fast durchwegs Werte von α, die um 1 bis 2 Prozent kleiner ausfielen als aus dem allgemeinen Verlauf der Kurve $\alpha = f(t)$ zu erwarten war. Da sich jedoch diese Abweichung leicht durch eine geringere Empfindlichkeit der veränderten Apparatur infolge kleiner Nebenumstände erklärt, so wurden diese Werte in der Weise benutzt, dass der durch sie bestimmte Kurvenast zwischen Zimmertemperatur und —184°[1]) durch affine Verwandlung zur Koinzidenz mit der Verlängerung des Hauptteiles der Kurve von 17° C. bis zur Umwandlungstemperatur Θ gebracht wurde.

Wie bei den kobaltreichen Legierungen von 70 % Co an aufwärts vorgegangen wurde, die bei diesen tiefen Temperaturen überhaupt nicht mehr bis zur Sättigung magnetisiert werden konnten, soll später noch genauer beschrieben werden.

Eine ähnliche Korrektur, wie die soeben erwähnte, musste ausserdem für die Legierung 40 % Ni angebracht werden, da hier die beiden Kurvenäste, die mit dem Kupfer- resp. Nickelofen aufgenommen worden waren, also aus ganz verschiedenen Versuchsreihen stammten, eine konstante Abweichung von ungefähr 2 % unter sich aufwiesen. Da

[1]) Vergl. Anmerkung Seite 434.

jedoch solche zusammengehörige Versuchsreihen immer so angelegt waren, dass sie sich auf einem über 200 bis 300 Grad ausgedehnten Temperaturintervall überdeckten, so konnte leicht davon Rechenschaft gegeben werden, dass die beiden Kurvenäste zueinander affin verliefen. Ihre Reduktion auf eine einzige Kurve erschien dadurch ohne weiteres gerechtfertigt.

Die Zurückführung der einzelnen Kurven auf den absoluten Masstab.

Die schon in Abschnitt III angegebene Gleichung für den Ausschlag der Drehwage:

$$\alpha = CVD^2 (N_K - N_L)\, \sigma^2 : (1 + \gamma t),$$

worin C, V, D, N_K, N_L und γ lauter experimentell (und z. T. nicht sehr sicher) zu bestimmende Grössen sind, legt uns ohne weiteres nahe, nur den relativen Werten der Ausschläge bei einem und demselben Ellipsoid eine zuverlässige Bedeutung zuzuschreiben, das Verhältnis der Ausschläge von einem Ellipsoid zum andern aber mit aller Reserve aufzunehmen. Zwar genügten diese relativen Werte wohl zur Auswertung von I, soweit es für die Berechnung der entmagnetisierenden Felder notwendig war, für die endgültige Zueinanderordnung der einzelnen Kurven musste jedoch nach einer Methode Umschau gehalten werden, die diese relativen Werte mit grösserer Sicherheit zu geben vermag.

Hierzu eignet sich vorzüglich die Methode, welche darin besteht, mittelst eines ballistischen Galvanometers die Vergrösserung des Induktionsflusses in einem im Magnetfelde befindlichen Solenoid zu bestimmen, wenn in dasselbe genügend rasch das zu untersuchende Ellipsoid eingeführt wird[1]). Diese Methode erwies sich als sehr einfach und zuverlässig und diente gleichzeitig dazu, die Messungen auf absolute Bestimmungen von Prof. Weiss zurückzuführen, indem das von ihm genau untersuchte[1]) Kohlswa-Eisen als Vergleichssubstanz benutzt wurde.

Bedeuten nämlich a_1 und a_2 die ballistischen Ausschläge für das reine Eisen resp. für die Legierung und sind M_1 und M_2 die entsprechenden magnetischen Momente, so gilt die einfache Beziehung:

$$a_1 : a_2 = M_1 : M_2.$$

Für das Kohlswa-Eisen gibt Prof. Weiss a. a. O.

---

[1]) Vergl. P. Weiss; Arch. phys. nat. (4) t. XXIX. S. 177.

bei 19° C $\sigma = 216{,}5\left(1 - \frac{7{,}9}{H}\right)$; Masse = 0,4925 gr.[1])

Diese Versuche wurden mir durch das freundliche Entgegenkommen des Herrn H. Eloui erleichtert, der mir in dankenswerter Weise gestattete, seine für ähnliche Messungen im gleichen Laboratorium bestimmte Versuchseinrichtung zu benutzen.

Alle Versuche wurden gleichmässig mit einem äusseren Feld von 12 055 Gauss vorgenommen, dessen Stärke wieder mit der absoluten Wage nach Cotton von mir ermittelt worden ist. Das in der Substanz wirksame Feld musste dann aus der gemessenen Intensität der Magnetisierung und dem bekannten Entmagnetisierungsfaktor N_L berechnet werden. Es war dann ein leichtes, die kleine Extrapolation des so erhaltenen σ auf das Feld 10 000 Gauss vorzunehmen, da ja der Verlauf von $\sigma^2 = f(H)$ schon aus den Versuchen an der Drehwage bekannt war.

Tabelle V gibt die aus diesen Versuchen bestimmten σ wieder, und zwar reduziert auf das Feld 10 000 Gauss und 19° C.

Tabelle V.

Legierung % Ni	Magnet. Moment M	Moment pro Gramm σ
100	37,72	55,24
90	47,32	66,80
80	49,84	77,10
70	55,39	87,68
60	67,41	100,05
50	70,83	109,95
40	82,12	120,30
30	86,31	132,63
20	93,80	138,74
10	100,59	148,50
100 Co	105,70	153,60

für $H = 10\,000$ Gauss; $t = 19°$ C.

Die Irreversibilität des Kobalt.

Es muss hier eine merkwürdige Eigenschaft des Kobalt erwähnt werden, die z. T. auch schon früher beobachtet worden ist.

Untersucht man nämlich ein bisher noch nie magnetisiertes Stück bei höheren Temperaturen, und zwar von der gewöhnlichen Temperatur

[1]) Es ergab sich in dieser Weise für das Ni bei gew. Temp. $\sigma = 55{,}24$, während Prof. Weiss in derselben Versuchsreihe mit dem Kohlswa-Eisen für reines Ni $\sigma = 54{,}49$ findet. Diese Tatsache ist eine erste Andeutung dafür, dass mein Ni nicht mit jenem identisch ist. (Weiteres hierüber vergl. weiter unten).

aufsteigend bis gegen 600° und 700° C., und untersucht man nachher von neuem bei gewöhnlicher Temperatur, so erweist sich das Material als leichter magnetisierbar, und zeigt höhere Magnetisierungsintensitäten bei gleich starken äusseren Feldern, und bei der Auftragung der Kurve $\alpha = f(H)$ erweist sich diese als immer flacher und geht gelegentlich in eine ausgesprochene Gerade über; d. h. das Material ist gesättigt, auch wenn es dies zuerst bei derselben Temperatur und denselben äussern Feldern nicht war. Geht man nun aber mit der Erwärmung über die angegebenen Grenzen hinaus bis in die Nähe des Umwandlungspunktes, und kehrt nun auf gewöhnliche Temperatur zurück, so erweist sich das Material von neuem als äusserst schwer magnetisierbar, und mit keinem zur Verfügung stehenden Feld ist es mehr möglich, die magnetische Sättigung zu erreichen.

Was man also in dem Temperaturintervall von $-273°$ bis $+700°$ C. misst ist völlig zufällig und ganz von der Vorgeschichte des Materials abhängig; von 700° C. bis zur Umwandlungstemperatur stimmen dagegen die einzelnen Messungen stets völlig überein.

Diese Eigenschaft des reinen Kobalt machte sich nun auch bei den kobaltreichen Legierungen geltend, besonders stark noch bei 90 und 80 % Co, bei 70 % Co lässt sie sich noch in geringem Masse konstatieren; bei 60 und 50 % Co verschwinden ihre Spuren vollständig. Alle anderen Legierungen zeigten sich im ganzen Bereich der Untersuchung völlig reversibel.

Diese Tatsachen geboten nun ganz besondere Vorsicht, wollte man auch für die nicht reversibeln Legierungen mit der oben beschriebenen Induktionsmessung den Masstab für die Kurven $\sigma = f(t)$ richtig bestimmen. Es wurden daher diese Ellipsoide kurz vor der Induktionsmessung auf der Drehwage untersucht und zwar beim Erkalten bis auf gewöhnliche Temperatur, so dass das Material keine Zeit hatte, sich in dem Zeitraum von der einen Untersuchung bis zur andern magnetisch zu ändern. So war auch für diese Kurven der Masstab einwandfrei gefunden.

Die Extrapolation auf den absoluten Nullpunkt.

Es ist bekannt, dass der absolute Nullpunkt der Temperatur von ganz besonderem Interesse für die Beurteilung der magnetischen Eigenschaften der Körper ist, weil bei dieser Temperatur die thermische Agitation der Molekeln und der an sie gebundenen Elementarmagnete verschwindet, so dass sich alle unter dem Einfluss einer äusseren richtenden Kraft mit ihrer Achse parallel zu dieser einstellen. Dieser Grenzwert der Sättigung darf daher als absolute Sättigung des Materials angesehen werden; d. h. eine weitere Vergrösserung der Sät-

tigungsintensität hätte notwendig eine Veränderung der magnetischen Elementarstruktur zur Vorbedingung. Diese absolute Sättigung lässt demnach allein einen unmittelbaren Schluss auf die Stärke, resp. Dichte der Elementarmagnete in der Masseneinheit zu. Für alle anderen Temperaturen sind die jeweiligen Sättigungswerte das Ergebnis eines gewissen statistischen Gleichgewichtszustandes zwischen der richtenden

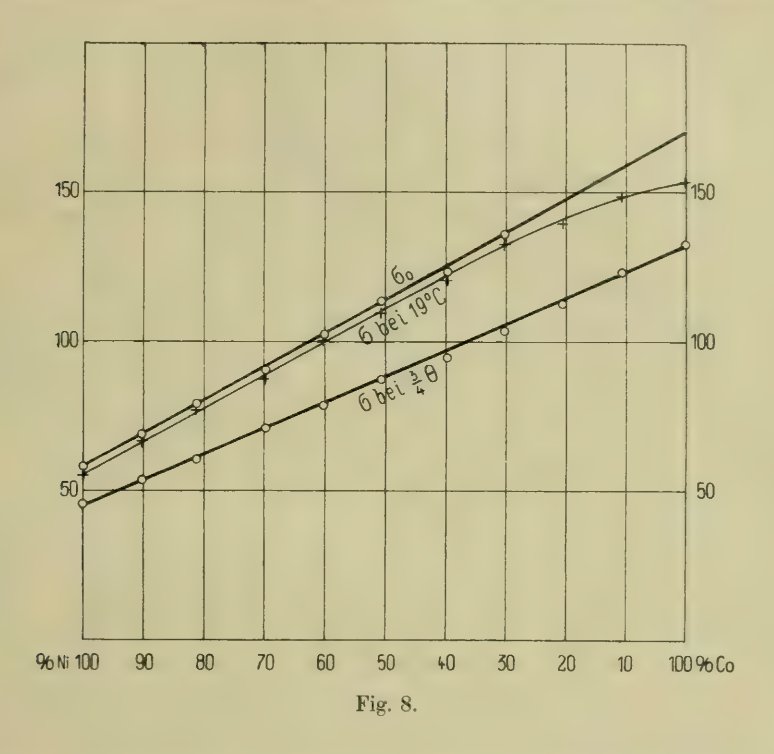


Fig. 8.

Kraft des wirksamen Feldes und dem zerstreuenden Einfluss der thermischen Agitation.

Um noch Werte in der Nähe des absoluten Nullpunktes beobachten zu können, wurde deshalb auch bei den tiefen Temperaturen untersucht.

Bei der Reihe von Legierungen, die auf der Seite des reinen Nickels liegen, brachte nun diese Extrapolation auf den absoluten Nullpunkt keinerlei Schwierigkeiten mit sich, und konnte jedenfalls mit einer Unsicherheit, die Bruchteile von Prozenten nicht überstieg, vorgenommen werden, vorausgesetzt, dass in dem Extrapolationsintervall nicht ganz wesentliche Veränderungen in dem Charakter der Kurve auftreten.

Bei den besprochenen nicht völlig reversibeln Legierungen wuchs

dagegen das Intervall der Extrapolation rasch so stark an, dass deren Wert illusorisch geworden wäre.

Freilich, für die Legierung 70 % Co, wo die grösste beobachtete Abweichung von der Sättigungskurve kaum 0,6 % betrug, liess sich die Extrapolation noch relativ sicher durchführen, umsomehr, als auch

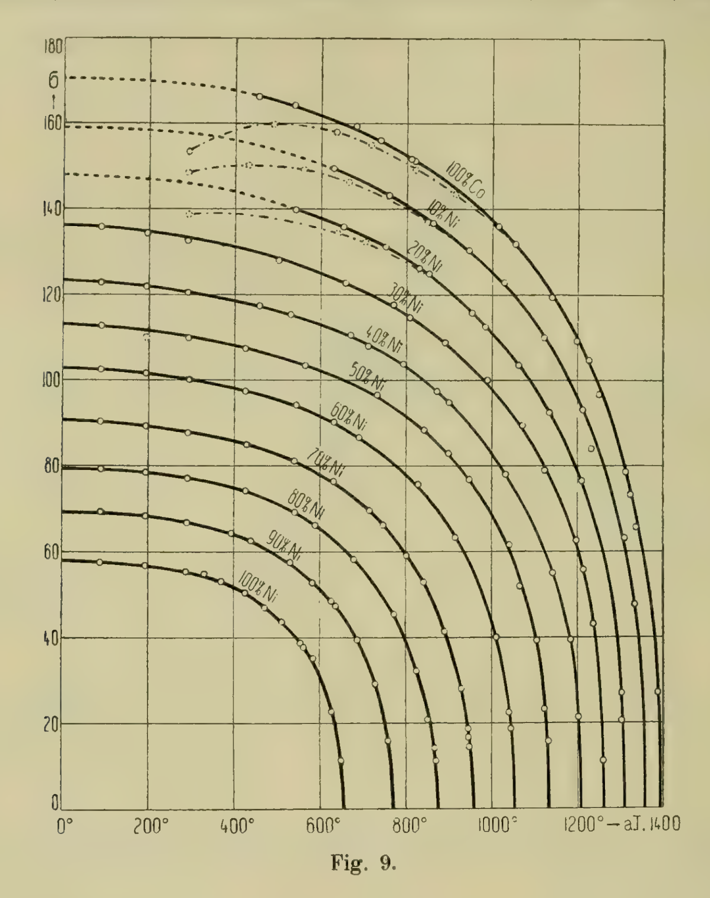


Fig. 9.

die Untersuchung bei den tiefen Temperaturen, gerade in einem Zustand leichter Magnetisierbarkeit vorgenommen, noch gute Stützpunkte für den Verlauf der Kurve unterhalb der gewöhnlichen Temperatur ergab.

Um jedoch auch bei den drei noch bleibenden Kurven die Extrapolation mit einiger Wahrscheinlichkeit vornehmen zu können, musste ein anderer Weg eingeschlagen werden. Zu diesem Zweck konnten die Werte der absoluten Sättigung in Funktion des Prozentgehaltes der Legierung aufgetragen werden (Fig. 8). Es zeigte sich, dass die Werte unzweifelhaft linear mit dem Prozentgehalt variieren. Die drei

ersten Werte liegen auf ein und derselben Geraden, der sich alle folgenden mit nur kleinen Abweichungen anschmiegen. Es erschien daher voll berechtigt, dieses lineare Gesetz auch für die Legierungen über 70 % Co als gültig zu extrapolieren, umsomehr als die dadurch entstehenden Kurven auf ein weites Stück durch die Werte von σ gestützt werden, die in Zuständen leichter Magnetisierbarkeit gemessen worden sind.

Ein anschauliches Bild dieser Verhältnisse geben uns die Kurven der Fig. 9, welche σ als Funktion der absoluten Temperatur darstellen. Die Kurve, welche auf den Zustand führt, bei welchem die Messung mit der Induktionsmethode vorgenommen wurde, ist strichpunktiert angegeben, der extrapolierte Teil der Sättigungskurven jedoch gestrichelt. Wie man aus der Figur ersieht, schliesst sich das durch die Extrapolation auf den so vorausbestimmten Wert bei 0° a. T. notwendige Stück der Kurve dem experimentell bestimmten Teil derselben durchaus natürlich an, und auch der Verlauf der ganzen Kurvenschar macht einen harmonischen Eindruck. Man darf also wohl diese Extrapolation als mit einem grossen Grad von Wahrscheinlichkeit behaftet ansehen.

Es muss hier noch bemerkt werden, dass bei der Legierung 50 % Ni die Kurve nicht ganz genau durch den Punkt bei gewöhnlicher Temperatur gezogen wurde. Dies hätte, wie man aus der Figur ersieht, einen ziemlich starken Knick der Kurve an dieser Stelle zur Folge gehabt, der sonst bei keiner Legierung beobachtet wurde. Es schien mir daher erlaubt anzunehmen, dass hier vielleicht schon eine sonst unbemerkt gebliebene magnetische Härte oder ein zufälliger Versuchsfehler störend gewirkt habe.

Es ergibt sich unter diesen Voraussetzungen das Resultat:

In den Legierungen von Nickel und Kobalt behalten die konstituierenden Bestandteile ihr magnetisches Moment unverändert bei.

Der Umwandlungspunkt.

Die Theorie des Ferromagnetismus von Prof. Weiss gibt uns eine scharfe Definition dessen, was man als den Umwandlungspunkt zu betrachten hat. Es ist der Punkt des Verschwindens der spontanen Magnetisierung im äusseren Felde Null. Die Schwierigkeit liegt nun darin, dass unsere Untersuchungen an die Existenz äusserer Felder gebunden sind und die inneren Vorgänge bei dem äusseren Felde Null nur durch eine Extrapolation gefunden werden können.

Die Langevin'sche Formel lautet:

$$\frac{\sigma}{\sigma_0} = \coth a - \frac{1}{a}; \quad \text{worin} \qquad a = \frac{\sigma_0 m \cdot H_w}{R T}.$$

Es bedeuten dabei m das Molekulargewicht, H_w das gesamte auf das Molekül wirksame Feld, R die universelle Gaskonstante und T die absolute Temperatur.

Entwickelt man diese Gleichung für kleine Werte von a, wie sie der Nähe des Umwandlungspunktes entsprechen, in eine Reihe, so bleibt:

$$\frac{\sigma}{\sigma_0} = \frac{a}{3} = \frac{\sigma_0 \cdot m \cdot H_w}{3 R T}.$$

Das H setzt sich nun aber aus dem molekularen Feld und dem äusseren Feld H zusammen. Das erstere ist nach der Theorie:

$$H_m = N D \sigma,$$

das äussere Feld H ist hier, was wir früher in der Beschreibung der Versuchstechnik, wo die Form des Probekörpers zu berücksichtigen war, das wirksame innere Feld genannt haben.

Man erkennt also, dass der Quotient:

$$\frac{\sigma}{\sigma_0} = \frac{\sigma_0 \cdot m \cdot (N D \cdot \sigma + H)}{3 R T}$$

nie völlig verschwinden kann, solange nicht H verschwindet. Andererseits ergibt sich daraus von selbst, dass die Kurve, die sich für $H = 10\,000$ Gauss ergibt, von der theoretischen Kurve für $H = 0$ umsomehr abweichen wird, je näher man sich dem Umwandlungspunkt befindet. Oder mit anderen Worten: extrapoliert man eine solche Kurve, oder besser $\sigma^2 = f(T)$[1]), bis zu ihrem Schnitt mit der Abszissenachse, so wird man einen Umwandlungspunkt finden, der höher liegt als der theoretische; und zwar muss diese Abweichung proportional sein der Intensität des äusseren Feldes. Dieser Umstand gestattet nun aber, den wahren Umwandlungspunkt zu ermitteln, wenn die scheinbaren Umwandlungspunkte für zwei bestimmte Feldintensitäten bekannt sind. Anhand der Kurven $\alpha = f(H)$ lässt sich das ohne weiteres z. B. für die beiden Felder 10 000 und 5000 Gauss machen; der doppelte Betrag der so zu konstatierenden Verschiebung ist die Verschiebung gegenüber dem wahren Umwandlungspunkt. Ausgeführt ergibt diese kleine Konstruktion 5° für reines Nickel, 5,5° für 50% Co und 6° für das reine Kobalt. Diese Tatsache mag auf den ersten Blick etwas befremden, da man vielleicht grössere Variationen

[1]) Die Kurven $\sigma^2 = f(T)$ sind für den Gebrauch wegen ihres mehr geradlinigen Charakters den Kurven $\sigma = f(T)$ vorzuziehen.

dieser Verschiebung erwartet hätte; eine kleine theoretische Überlegung bestätigt jedoch dieses Resultat recht gut[1]).

Die Tabelle IX gibt nun die Werte von Θ wieder, und zwar in der zweiten Kolonne den scheinbaren Umwandlungspunkt für das Feld 10 000 Gauss, und in der dritten Kolonne den für das äussere Feld Null extrapolierten Wert.

Eine eingehendere Diskussion der hier gefundenen Resultate soll in einem späteren Abschnitt erfolgen, hier möchte ich nur zu einem Vergleich der Werte von Θ mit den in der Einleitung gegebenen, von Guertler & Tammann beobachteten, veranlassen. Man erkennt, dass die dort gegebenen Umwandlungstemperaturen auf der Seite des Nickels wesentlich tiefer liegen, als die in dieser Arbeit beobachteten, während sie sich dann mit zunehmendem Kobaltgehalt den hier angegebenen Werten mehr und mehr nähern und bei dem reinen Kobalt sogar eine Differenz von $+14°$ gegenüber einer Abweichung von $-65°$ bei reinem Nickel aufweisen.

Diese starken Abweichungen müssen wohl zum grössten Teil ihre Erklärung in der relativ sehr rohen Versuchsmethode der obgenannten Forscher finden. Es ist klar, dass der Moment des von ihnen beobachteten Ausschlages einer magnetisierten Stricknadel stark von der Empfindlichkeit des Apparates abhing. Bei der so viel

---

[1]) Ganz in der Nähe des Umwandlungspunktes Θ gilt für ein und dasselbe $\frac{\sigma}{\sigma_0}$ gemessen auf den zwei Kurven $H = 0$ und $H = 10\,000$:

$$\frac{\sigma}{\sigma_0} = \frac{\sigma_0 \cdot m \cdot (N D \sigma)}{3 R \Theta} = \frac{\sigma_0 \cdot m \cdot (N D \sigma + H)}{3 R (\Theta + \varDelta T)}.$$

Diese Doppelgleichung kann nur erfüllt sein, wenn:

$$\frac{H}{N D \sigma} = \frac{\varDelta T}{\Theta}.$$

Nun ist aber nach der Theorie:

$$\Theta = N D C, \text{ womit sich ergibt } \varDelta T = \frac{H \cdot C}{\sigma},$$

wobei man, beiläufig bemerkt, klar erkennt, dass für übrigens gleiches σ bei ein und derselben Legierung das $\varDelta T$ lediglich proportional der Feldstärke ist.

Betrachten wir nun zwei Legierungen, für welche die beiden Indizes 1 und 2 gelten sollen, und wählen wir für beide Legierungen dasselbe $\frac{\sigma}{\sigma_0}$, wobei aber $\sigma_{02} = a\,\sigma_{01}$ ist, so gilt:

$$\varDelta T_1 = \frac{H \cdot C_1}{\sigma_1} \qquad \varDelta T_2 = \frac{H \cdot C_2}{a \cdot \sigma_1}.$$

Ist nun noch das Verhältnis $C_2 : C_1 = b$ bekannt, so ist:

$$\varDelta T_2 = \frac{H b C_1}{a \sigma_1}; \text{ oder } \varDelta T_2 = \frac{b}{a} \cdot \varDelta T_1.$$

Nehmen wir hier einige weitere Resultate der vorliegenden Arbeit voraus, so lassen sich für Nickel und Kobalt $b = 3{,}5$ und $a = 2{,}9$ berechnen. Somit ist:

$$\varDelta T_2 = 1{,}2 \cdot \varDelta T_1.$$

schwächeren Magnetisierungsintensität des Nickels gegenüber der des Kobalts musste also beim ersteren die Umwandlungstemperatur naturgemäss zu tief konstatiert werden. Die höhere Angabe beim reinen Kobalt muss wahrscheinlich auf einen Fehler in der Temperaturmessung zurückgeführt werden.

Einen weiteren Vergleich gestattet eine Messung, die Herr Prof. Weiss in einer noch nicht veröffentlichten Arbeit an reinem Nickel gemacht hat. Er findet die Umwandlungstemperatur bei 631° a. T. Dieser Wert, der wohl der zuverlässigste gegenwärtig bekannte ist, weicht nun allerdings um 19° von dem von mir gefundenen ab, was kaum anders als durch eine wesentliche Verunreinigung des Nickels meiner Versuche zu erklären sein dürfte, für welche Annahme bereits Anzeichen vorhanden sind, die sich später noch mehren werden.

Die von mir gegebenen Werte von Θ, das muss hier noch bemerkt werden, stellen die Mittelwerte aus den Ergebnissen zweier Versuchsreihen dar. Die hie und da auftretenden Differenzen betrugen selten mehr als einige Grade.

Zu den Zahlentafeln VI.

Man versteht aus dem gesagten leicht, dass es im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht möglich sein kann, die nach vielen Tausenden zählenden Beobachtungen selbst wiederzugeben. Ich muss mich vielmehr darauf beschränken, hier die Resultate der geschilderten Umrechnungen und Operationen anzugeben. Dabei sollen aber auch die Kurven $\alpha = f(H)$ wegen ihrer ursprünglichen Bedeutung und ihres grossen Wertes für weitere Schlussfolgerungen, nicht verloren gehen. Zu diesem Zwecke sind in der zweitletzten Kolonne die in der letzten Kolonne wiedergegebenen σ für das Feld 10 000 Gauss ins Quadrat erhoben worden, worauf die Werte σ^2 für die Felder 4000, 6000, 8000 Gauss gemäss dem Verlauf der Kurven $\alpha = f(H)$ proportional berechnet wurden. Angegeben sind diese σ^2 jedoch nur soweit sie in dem Gebiet der Sättigung liegen; eine Ausnahme hievon musste natürlich gemacht werden, wo sich die Sättigung überhaupt nicht mehr erreichen lässt. Hier wurde lediglich der für das Feld 10 000 Gauss extrapolierte Wert wiedergegeben.

Tabelle VI.

100 % Ni.

a. T.	σ^2 bei der Feldstärke: 4000	6000	8000	10 000	σ für 10 000
0	—	—	—	—	57,90
89	—	—	3281	3285	57,52
194	—	—	3214	3219	56,74
288	3053	3056	3060	3069	55,24
330	2998	3001	3008	3012	54,88
371	2796	2800	2804	2808	52,99
426	2533	2537	2541	2545	50,45
472	2191	2195	2199	2203	46,93
512	1904	1908	1912	1916	43,78
563	1415	1419	1423	1427	37,77
582	1224	1229	1234	1239	35,20
603	458	478	497	516	22,72
649	65	88	108	129	11,33
655	—	—	—	—	—

90 % Ni.

a. T.	4000	6000	8000	10 000	σ für 10 000
0	—	—	—	—	69,00
89	—	—	4733	4733	69,30
194	—	—	4667	4668	68,32
290	4464	4464	4465	4465	66,80
394	4131	4131	4132	4132	64,28
440	3916	3917	3918	3919	62,60
531	3278	3290	3302	3314	57,57
583	2730	2750	2769	2787	52,79
628	2325	2333	2345	2357	48,55
636	2195	2215	2231	2251	47,44
687	1510	1527	1543	1562	39,53
729	779	795	810	852	29,18
759	95	139	182	252	15,88
770	—	—	—	—	—

80 % Ni.

a. T.	4000	6000	8000	10 000	σ für 10 000
0	—	—	—	—	79,40
89	—	—	6272	6273	79,20
194	—	—	6122	6123	78,22
291	5938	5939	5940	5941	77,10
427	5520	5521	5522	5523	74,32
541	4782	4783	4784	4784	69,17
589	4378	4380	4381	4382	66,20
680	3367	3375	3383	3391	58,23
773	2050	2058	2066	2074	45,54
825	974	996	1018	1039	32,23
852	330	365	400	435	20,85
867	107	138	168	199	14,19
870	71	89	107	125	11,18
874	—	—	—	—	—

70% Ni.

a. T.	σ^2 bei der Feldstärke: 4000	6000	8000	10 000	σ für 10 000
0	—	—	—	—	90,70
89	—	—	8130	8154	90,30
194	—	—	7952	7974	89,30
291	7623	7643	7663	7688	87,68
429	7190	7201	7211	7221	84,97
540	6587	6589	6591	6593	81,20
632	5820	5826	5833	5840	76,42
716	4791	4805	4821	4841	69,58
747	4319	4341	4360	4388	66,24
802	3432	3453	3474	3498	59,14
841	2760	2775	2789	2800	52,92
891	1677	1690	1703	1716	41,43
929	592	657	725	792	28,14
945	152	217	283	348	18,65
946	105	163	221	279	16,70
948	83	125	167	209	14,48
958	—	—	—	—	—

60% Ni.

a. T.	4000	6000	8000	10 000	σ für 10 000
0	—	—	—	—	102,70
89	—	—	10 493	10 505	102,50
194	—	—	10 310	10 332	101,65
294	10 007	10 010	10 013	10 016	100,05
425	9 472	9 475	9 478	9 481	97,37
543	8 861	8 864	8 867	8 870	94,18
632	8 116	8 120	8 124	8 128	90,16
690	7 495	7 501	7 507	7 514	86,68
828	5 719	5 726	5 733	5 740	75,76
915	3 995	3 999	4 003	4 007	63,30
1011	1 475	1 520	1 560	1 602	40,03
1040	247	333	419	504	22,45
1044	140	210	280	350	18,70
1053	—	—	—	—	—

50% Ni.

a. T.	4000	6000	8000	10 000	σ für 10 000
0	—	—	—	—	113,20
89	—	—	—	—	112,80
194	—	—	12 098	12 100	[1])110,00
249	12 088	12 088	12 089	12 089	109,95
426	11 528	11 530	11 532	11 535	107,40
564	10 698	10 700	10 701	10 702	103,45
732	9 305	9 306	9 306	9 307	96,46
841	7 804	7 805	7 805	7 806	88,35
899	6 859	6 860	6 861	6 862	82,84
948	5 815	5 842	5 869	5 898	76,80
1041	3 702	3 733	3 764	3 795	61,60
1065	2 591	2 626	2 661	2 696	51,92
1105	1 397	1 446	1 495	1 543	39,28
1123	310	388	465	543	23,30
1132	76	133	190	247	15,75
1133	—	—	—	—	—

[1]) unsicher

40 % Ni.

a. T.	σ^2 bei der Feldstärke: 4000	6000	8000	10 000	σ für 10 000
0	—	—	—	—	123,50
89	—	—	15 049	15 093	122,85
194	—	—	14 643	14 687	121,95
291	14 346	14 388	14 430	14 472	120,30
457	13 742	13 755	13 769	13 783	117,40
529	13 255	13 272	13 289	13 306	115,35
670	12 175	12 194	12 213	12 232	110,60
712	11 630	11 641	11 652	11 664	108,00
793	10 670	10 704	10 739	10 774	103,80
871	—	9 440	9 468	9 497	97,45
901	—	8 933	8 962	8 991	94,82
1032	—	6 060	6 080	6 100	78,10
1142	2 896	2 939	2 982	3 025	55,00
1184	1 371	1 432	1 493	1 554	39,41
1202	198	284	369	454	21,30
1207	—	—	—	—	—
			30 % Ni.		
0	—	—	—	—	136,10
89	—	—	—	18 442	135,80
194	—	—	—	18 063	134,40
290	17 563	17 574	17 585	17 596	132,63
502	16 343	16 361	16 379	16 397	128,05
658	15 005	15 026	15 047	15 068	122,75
769	13 790	13 804	13 817	13 830	117,60
808	13 080	13 102	13 123	13 144	114,65
892	11 740	11 776	11 812	11 848	108,85
989	9 925	9 953	9 982	10 010	100,05
1071	7 908	7 939	7 970	8 001	89,45
1123	6 128	6 163	6 198	6 233	78,95
1197	3 580	3 695	3 810	3 925	62,65
1212	2 773	2 886	2 999	3 112	55,78
1237	1 550	1 655	1 760	1 864	43,18
1259	62	82	103	123	11,12
1261	—	—	—	—	—
			20 % Ni.		
			(Zustände kurz vor der Aichung).		
292	—	—	—	19 249	138,74
638	—	—	—	18 049	134,35
703	—	—	—	17 490	132,25
			(Zustände maxim. beob. Magnetisierbarkeit).		
0	—	—	—	—	(148,00)
541	—	—	19 561	19 585	139,95
652	—	—	18 350	18 364	135,50
751	17 195	17 201	17 207	17 213	131,20
829	15 865	15 884	15 900	15 914	126,15
851	15 540	15 560	15 575	15 588	124,85
952	13 340	13 359	13 379	13 398	115,75
984	12 587	12 610	12 633	12 656	112,50
1062	10 630	10 660	10 690	10 723	103,55
1134	8 420	8 460	8 498	8 538	92,40
1209	5 705	5 752	5 799	5 844	76,45
1303	—	449	588	727	26,95
1310	—	—	—	—	—

10 % Ni.

(Zustände kurz vor der Aichung.)

a. T.	σ^2 bei der Feldstärke: 4000	6000	8000	10 000	σ für 10 000
290	—	—	—	22 052	148,50
431	—	—	—	22 560	150,20
559	—	—	—	22 246	149,15
665	—	—	—	21 404	146,30
848	—	—	—	18 769	137,00
(Zustände maxim. beob. Magnetisierbarkeit.)					
0	—	—	—	—	(159,00)
628	22 170	22 235	22 300	22 365	149,55
758	20 430	20 455	20 480	20 506	143,20
861	18 620	18 667	18 714	18 764	136,98
946	16 840	16 890	16 940	16 991	130,35
1028	15 035	15 054	15 073	15 092	122,85
1122	12 048	12 060	12 078	12 096	109,98
1212	—	8 640	8 649	8 658	93,05
1232	—	6 680	6 705	6 724	82,00
1310	—	347	373	399	63,18
1334	—	108	168	227	47,65
1358	—	—	—	—	—

100 % Co.

(Zustände kurz vor der Aichung.)

a. T.	4000	6000	8000	10 000	σ für 10 000
291	—	—	—	23 593	153,60
489 [1])	—	—	—	25 536	[1])159,80
635	—	—	—	24 980	158,05
716	—	—	—	24 025	155,00
820	—	—	—	22 275	149,25
913	—	—	—	20 580	143,48
(Zustände maxim. beob. Magnetisierbarkeit.)					
0	—	—	—	—	(170,20)
454	27 352	27 440	27 551	27 663	166,32
537	—	26 750	26 855	26 968	164,27
682	—	25 210	25 309	25 408	159,40
738	—	24 100	24 210	24 342	156,02
810	—	22 850	22 930	23 007	151,68
818	—	22 730	22 810	22 892	151,30
1014	—	18 292	18 394	18 496	136,00
1054	—	—	17 290	17 384	131,85
1140	—	—	14 180	14 268	119,45
1199	—	—	11 840	11 925	109,20
1227	—	—	10 889	10 962	104,70
1250	—	—	9 265	9 347	96,68
1313	—	—	5 995	6 170	78,55
1324	—	—	5 947	6 131	78,30
1337	—	—	4 184	4 316	65,70
1388	—	—	658	736	27,13
1394	—	—	—	—	—

[1]) Mittelwert aus 2 benachbarten Messungen.

B. Die Messungen über dem Umwandlungspunkt.

Die Bearbeitung der Messungen.

Die Theorie ergibt für den β-Zustand ferromagnetischer Metalle die Gleichung (Weiss):

$$\chi(T - \Theta) = C,$$

wobei χ die Suszeptibilität des Materials bezogen auf die Masseneinheit, T die absolute Temperatur des betreffenden Zustandes und Θ diejenige des Umwandlungspunktes bedeuten; C ist die Curie'sche Konstante.

Abweichungen von diesem Gesetz müssen besonders deutlich in die Erscheinung treten, wenn man $\frac{1}{\chi}$ in Funktion der Temperatur aufträgt, indem die so entstehende Kurve eine gerade Linie sein müsste. Die Curie'sche Konstante ist dann nichts anderes als die Kotangente des Neigungswinkels dieser Geraden gegen die Abszissenachse.

Die Messungen wurden daher so durchgeführt, dass zuerst in grösseren Temperaturintervallen der allgemeine Verlauf der Kurve bestimmt wurde. Da wo Abweichungen vom linearen Gesetz zu konstatieren waren, wurde dann durch Zwischenbeobachtungen der exakte Verlauf näher präzisiert. Diese Methode führte zuverlässig und relativ rasch zum Ziel.

In der Nähe des Umwandlungspunktes wächst χ auf sehr grosse Werte, und wird bei Θ nach der obigen Formel unendlich gross. Es konnte daher nur bis auf eine, durch die Verhältnisse der Versuchseinrichtung bedingte Distanz von Θ, das χ gemessen werden. Verlängern wir jedoch die Gerade bis zu ihrem Schnittpunkt mit der Abszissenachse, so erhalten wir diejenige Temperatur, für welche der Wert von χ unendlich gross würde. Betrachten wir diese Temperatur als den Umwandlungspunkt, so tun wir dies in der hypothetischen Voraussetzung, dass bis zu dieser Temperatur das einleitend genannte Gesetz ungeänderte Gültigkeit behalte. Dies ist eine Voraussetzung, die ohne Zweifel durch den Verlauf der Kurve nahegelegt wird, die aber ebenso sicher nicht in ihrem vollen Umfange gültig sein kann, schon weil χ ja tatsächlich niemals einen unendlich grossen Wert annimmt.

Es mögen hier die Zahlentafeln folgen, welche die Temperaturen und die zugehörigen Werte von χ enthalten, wie sie sich aus den Beobachtungen ergaben. Die Curie'sche Konstante C, die sich aus der zeichnerischen Darstellung der Resultate als Mittelwert ergibt, ebenso wie der in der genannten Weise extrapolierte Wert für die Um-

wandlungstemperatur Θ ist jeweilen an den Kopf der Versuchsreihe gestellt[1]).

---

[1]) Um eine Kontrolle über den Grad der Zuverlässigkeit der graphischen Methode zur Bestimmung der beiden Konstanten C und Θ zu erhalten, wurden letztere noch für einige willkürliche Fälle mittelst der unabhängigen Methode der kleinsten Quadrate bestimmt.

Sind nämlich (C) und (Θ) die auf graphischem Wege gefundenen Werte, und nehmen wir an, die Temperaturmessung sei, wie es dem Charakter der Versuche entspricht, mit besonders geringen Fehlern behaftet, so berechnen wir zu jedem Wert von T

$$(\chi) = \frac{(C)}{T - (\Theta)}.$$

χ ist beobachtet. $\chi - (\chi) = \Delta$ ist die Differenz des beobachteten Wertes weniger den berechneten.

Die der Bedingung der kleinsten Fehlerquadrate entsprechenden Werte der Konstanten seien:

$$C = (C) + c \quad \text{und} \quad \Theta = (\Theta) + t$$

Die Bedingung lautet also:

$$\sum \left[\chi - \frac{(C) + c}{T - (\Theta) - t}\right]^2 = \text{Min.}$$

oder nach Entwicklung in eine Taylor'sche Reihe:

$$\sum \left[\Delta - \frac{1}{T - (\Theta)} \cdot c - \frac{(C)}{[T - (\Theta)]^2} \cdot t\right]^2 = \text{Min.}$$

Nach der ersten partiellen Ableitung i. B. auf die beiden Konstanten ergibt das:

$$\sum \left[\frac{\Delta}{T - (\Theta)} - \frac{1}{[T - (\Theta)]^2}\, c - \frac{(C)}{[T - (\Theta)]^3}\, t\right] = 0$$

und:

$$\sum \left[\frac{\Delta (C)}{[T - (\Theta)]^2} - \frac{(C)}{[T - (\Theta)]^3}\, c - \frac{(C)^2}{[T - (\Theta)]^4}\, t\right] = 0.$$

Diese zwei in den Unbekannten c und t linearen Gleichungen ergeben für diese die nachstehend gegebenen Werte.

100% Ni (I)	$c = -0{,}0000525$	$t = -0{,}65^\circ$	(789° bis 1198°)
	$c = -0{,}0000077$	$t = +1{,}75^\circ$	(1224° „ 1518°)
50% Ni	$c = +0{,}0000048$	$t = +0{,}33^\circ$	
100% Co	$c = -0{,}0000756$	$t = -0{,}39^\circ$	

Diese Kontrolle darf als eine gute Bestätigung der graphischen Methode angesehen werden.

Um auch den Grad der Übereinstimmung der mit Hilfe der in dieser Weise korrigierten Konstanten berechneten (χ) und den beobachteten Werten χ zu zeigen,

Tabelle VIII.

100 % Ni. (I)

$\Theta = 665°$ a. T. $C = 0{,}00552$

a. T.	$\chi \cdot 10^6$	a. T.	$\chi \cdot 10^6$
789	44,00	1027	15,11
810	37,35	1052	13,78
882	24,92	1089	12,97
923	21,00	1113	12,23
938	19,89	1143	11,49
942	19,56	1157	11,26
952	19,06	1164	11,11
992	16,69	1198	10,19
1012	15,74		
	(Irreversible Periode.)		
1097	12,88	1202	10,65
1134	12,07	1211	10,41
1135	12,11	1221	10,23
1150	11,70	1223	10,18
1162	11,36	1239	9,95
1192	10,75	1243	9,84

seien ihrer Kürze wegen die beiden folgenden Zahlentafeln gegeben, die als Beispiel auch für die übrigen Legierungen dienen mögen.

Tabelle VII.

100 % Ni (I)

(1224° bis 1518°) $\Theta = 468°$ a. T. $C = 0{,}00754$

T a. T.	$\chi \cdot 10^6$ beob.	$(\chi) \cdot 10^6$ berech.	Δ Differenz
1224	9,90	9,97	— 0,07
1257	9,56	9,56	± 0,00
1277	9,36	9,33	+ 0,03
1300	9,07	9,06	+ 0,01
1310	8,96	8,96	± 0,00
1324	8,80	8,80	± 0,00
1357	8,54	8,48	+ 0,06
1419	7,92	7,93	— 0,01
1424	7,85	7,88	— 0,03
1518	7,16	7,18	— 0,02

100 % Co.

$\Theta = 1410{,}5°$ a. T. $C = 0{,}01922$

T a. T.	$\chi \cdot 10^6$ beob.	$(\chi) \cdot 10^6$ berech.	Δ Differenz
1467	339,0	339,0	± 0,0
1503	210,5	209,4	+ 1,1
1522	175,4	172,6	+ 2,8
1540	149,2	148,6	+ 0,6
1569	120,5	121,4	— 0,9
1608	100,0	97,6	+ 2,4
1649	80,0	80,7	— 0,7

$\Theta = 466^\circ$ a. T.		$C = 0{,}00755$	
a. T.	$\chi \cdot 10^6$	a. T.	$\chi \cdot 10^6$
1224	9,90	1324	8,80
1257	9,56	1357	8,54
1277	9,36	1419	7,92
1300	9,07	1424	7,85
1310	8,96	1518	7,16

100 % Ni. (II)

$\Theta = 645{,}5^\circ$ a. T.		$C = 0{,}00551$	
772	43,02	1033	13,99
874	23,27	1094	12,13
979	16,18	1151	10,77

$\Theta = 501^\circ$ a. T.		$C = 0{,}00687$	
1229	9,38	1360	7,94
1288	8,67	1437	7,29

90 % Ni.

$\Theta = 786^\circ$ a. T.		$C = 0{,}00688$	
887	70,50	1240	15,25
932	47,40	1277	13,96
941	45,71	1305	13,16
1039	26,68	1344	12,35
1052	25,81	1379	11,74
1068	24,34	1392	11,52
1169	17,99	1450	10,47
1175	17,83	1490	9,95
1230	15,40		

80 % Ni.

$\Theta = 894^\circ$ a. T.		$C = 0{,}00805$	
972	102,00	1289	20,18
1024	61,81	1331	18,23
1110	36,70	1392	16,20
1148	31,47	1442	14,63
1197	26,82	1462	14,19
1237	23,13	1534	12,61

70 % Ni.

$\Theta = 967{,}5^\circ$ a. T.		$C = 0{,}00918$	
1036	138,9	1390	21,28
1042	121,2	1429	19,85
1133	56,02	1450	18,59
1137	54,05	1491	17,32
1141	52,10	1501	17,40
1177	43,60	1511	16,60
1287	28,56	1517	16,45
1325	25,38	1522	16,50
1354	23,60	1553	15,50

60 % Ni.

$\Theta = 1069^\circ$ a. T.		$C = 0{,}01066$	
a. T.	$\chi \cdot 10^6$	a. T.	$\chi \cdot 10^6$
1134	163,9	1306	48,10
1151	121,2	1348	37,78
1203	81,7	1393	33,79
1222	73,8	1445	28,22
1275	53,10	1481	25,25
1280	50,56	1511	24,10

50 % Ni.

$\Theta = 1151^\circ$ a. T.		$C = 0{,}01216$	
1178	363,6	1323	70,20
1195	285,7	1338	64,61
1203	243,9	1356	57,18
1209	200,0	1368	57,10
1221	166,9	1402	48,35
1229	160,0	1417	46,32
1236	140,8	1446	41,00
1262	108,1	1467	38,92
1274	98,0	1496	34,98
1296	85,5	1538	31,10
1301	80,7		

40 % Ni.

$\Theta = 1220^\circ$ a. T.		$C = 0{,}01339$	
1286	203,2	1464	56,02
1321	136,0	1478	51,30
1344	113,0	1507	46,00
1377	88,2	1510	45,57
1408	74,2		

30 % Ni.

$\Theta = 1265^\circ$ a. T.		$C = 0{,}01470$	
1305	370,4	1472	70,51
1339	200,0	1496	63,20
1382	119,8	1519	57,88
1402	109,3	1535	52,77
1420	99,1	1549	51,45
1453	78,8	1566	47,52

20 % Ni.

$\Theta = 1322^\circ$ a. T. $C = 0{,}01620$

a. T.	$\chi \cdot 10^6$	a. T.	$\chi \cdot 10^6$
1358	367,5	1494	93,6
1375	296,0	1500	90,5
1413	178,5	1501	90,9
1419	168,1	1504	87,0
1427	168,1	1506	86,6
1449	126,3	1515	80,4
1451	131,2	1521	78,8
1452	124,2	1527	78,8
1462	113,9	1533	73,2
1470	110,5	1535	73,6
1475	105,8	1539	71,7
1488	100,4	1548	71,4

10 % Ni.

$\Theta = 1365^\circ$ a. T. $C = 0{,}01775$

1421	344,8	1476	158,7
1422	350,9	1499	132,4
1423	285,7	1500	133,3
1432	285,7	1514	123,1
1439	243,9	1532	103,1
1445	232,6	1539	104,7
1467	186,9	1544	100,1
1471	175,4	1572	86,2
1474	175,4		

100 % Co.

Erste Versuchsreihe (unsicher.)

$\Theta = 1409^\circ$ a. T. $C = 0{,}01749$

1486	241,0	1585	100,0
1516	172,4	1593	99,9
1545	130,7	1615	85,8
1558	118,3		

Zweite Versuchsreihe.

$\Theta = 1411^\circ$ a. T. $C = 0{,}01930$

1467	339,0	1569	120,5
1503	210,5	1608	100,0
1522	175,4	1649	80,0
1540	149,2		

Zu den Messungen der Tabelle VIII.

Die Kurven $\frac{1}{\chi} = f\,(T)$ sind in den beiden Figuren 10a und 10b wiedergegeben. Die einzelnen Kurven geben zu einigen Bemerkungen Veranlassung.

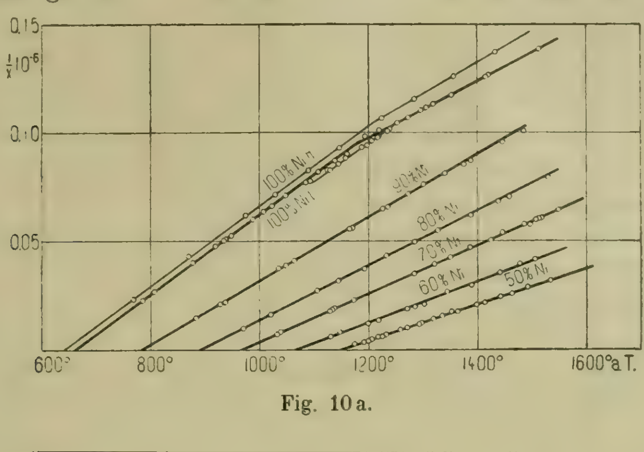


Fig. 10a.

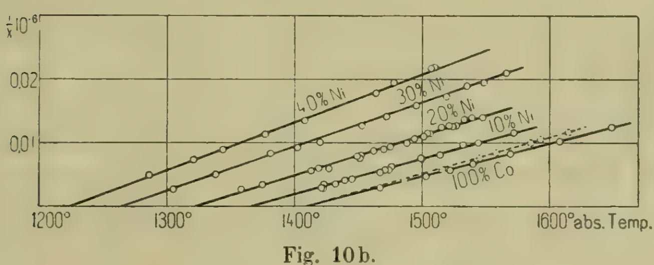


Fig. 10b.

Das reine Nickel. Wie man aus der Darstellung erkennt, erweist sich ein erstes Stück der Kurve von 780° bis 1190° a. T. als durchaus geradlinig. Bei der letzteren Temperatur aber tritt dann ein Knick auf, der in ein neues geradliniges Stück überführt, das sich zwischen den Temperaturen 1250° und 1510° a. T. ausdehnt. In der näheren Umgebung des Knickes erweist sich jedoch die Suszeptibilität als für eine gegebene Temperatur veränderlich, je nach der unmittelbaren Vorgeschichte des Materials.

In einer besonderen Versuchsreihe gelang es, etwas Ordnung in die hier auftretenden Erscheinungen zu bringen. Es zeigte sich nämlich, dass bei kontinuierlichem Anstieg der Temperatur zu immer höheren Werten die erste gerade Linie bis in die Nähe von 1200° a. T. völlig genau verfolgt wird, um bei dieser Temperatur dann ebenso genau in die zweite Gerade überzugehen. Kehrt man nun aber aus diesem Gebiet auf tiefere Temperaturen zurück, so tritt der Knick schon bei 1250° a. T. auf, und die weiteren Punkte reihen sich

allem Anschein nach in eine parallele zur erstmals beobachteten Geraden, um dann bei 1100° a. T. ziemlich plötzlich in diese überzugehen und bis zu den tiefsten in Betracht kommenden Temperaturen in dieser zu bleiben.

Erwärmt man nun aber nach bloss kurzem Verweilen bei diesen niederen Temperaturen von neuem, so wird nicht mehr, wie zu Anfang, die erste Kurve bis zu 1190° a. T. verfolgt, sondern der Übergang auf das zu ihr parallele Zwischenstück erfolgt umso früher, je weniger lang sich das Material auf der tieferen Temperatur befunden hat. Erst ein völliges Erkalten auf gewöhnliche Temperatur führt beim Erwärmen wieder zu dem erstbeobachteten Vorgang.

Der Grund für diese Erscheinung war nicht ganz klar, und es war daher von Interesse zu prüfen, ob Herrn Foëx[1]) diese Erscheinung bei seinem Nickel bloss entgangen war, oder ob es sie tatsächlich nicht aufweist. Ich habe deshalb sein Nickel, das ich fortan als Ni (II) bezeichnen werde und für das von der Firma E. Merck in Darmstadt eine höhere Garantie für Reinheit gegeben ist, einer neuen Untersuchung unterworfen, schon weil Herr Föex von einem Knick in der Nähe von 1200° a. T. nichts bemerkt hat. Die Resultate dieser Messungen sind in den vorstehenden Zahlentafeln sowie in Figur 10a ebenfalls aufgenommen. Wie man erkennt, liegen die Suszeptibilitäten bei Ni (II) durchwegs etwas tiefer als die entsprechenden bei Ni (I), während der Verlauf von $\frac{1}{\chi}$ bis zu 1200° a. T. völlig parallel geht demjenigen, welcher schon auf Ni (I) beobachtet worden war. Der Knick tritt nun aber tatsächlich auch hier auf und zwar sehr scharf; von einer Irreversibilität in dessen Umgebung konnte jedoch nichts bemerkt werden.

Zeichnet man nun aber die a. a. O. gegebenen Messungsresultate des Herrn Foëx in der geschilderten Weise auf, so zeigt sich, dass die von ihm beobachtete und erwähnte Unregelmässigkeit im Verlauf der Kurve, die er auf eine zufällige mangelhafte Regulierung der Apparatur zurückführte, jedenfalls zum grösseren Teil ihren Grund in dem besagten inneren Phänomen findet und nur, durch zufällige Messfehler etwas entstellt, den wahren Charakter der Sache nicht erkennen liess. Die bei Ni (I) beobachtete Irreversibilität muss, wie es scheint, auf eine schon weiter oben als wahrscheinlich erkannte zufällige Verunreinigung zurückgeführt werden; und zwar ist bemerkenswert, dass sie gerade in dem Gebiet auftritt, wo das Eisen die Umwandlung von β-Eisen in γ-Eisen erleidet.

---

[1]) P. Weiss & G. Foëx; Arch. phys. nat. (4) t. XXXI.

Interessant ist noch die Bemerkung, dass die extrapolierten Werte des Curie'schen Punktes[1]) auf den beiden Nickelproben wesentlich verschieden sind und dass die Abweichung 19,5° beträgt. Dies ist bemerkenswert, weil auch das von Herrn Prof. Weiss für reines Nickel angegebene Θ um 19° tiefer liegt, als der von mir gefundene Wert. (Vergl. S. 456). Diese Übereinstimmung ist zu frappant, als dass sie durch einen Zufall erklärt werden könnte. Man ist also wohl zu der Annahme berechtigt, dass das von Prof. Weiss untersuchte Nickel und das Ni (II) völlig rein sind, dass die stärker magnetischen Eigenschaften des Ni (I) aber und die Verschiebung der beiden beobachteten Umwandlungspunkte auf eine zufällige Verunreinigung des Materials zurückzuführen sind[2]).

90 % Ni. Man erkennt einen ausgesprochen geradlinigen Verlauf der Kurve von 880° bis gegen 1300° a. T., von wo ab sich die Punkte etwas unterhalb dieser Geraden anordnen. Man ist geneigt, darin, entsprechend der Erscheinung beim reinen Nickel, einen Knick zu erkennen, der hier natürlich durch das beigemengte Kobalt abgeschwächt in Erscheinung tritt. Es lässt sich dies jedoch bei der erreichten Versuchsgenauigkeit nicht absolut sicher behaupten.

80 % Ni. Wiederum zeigt sich wohlbestimmter linearer Verlauf bei Temperaturen bis gegen 1340° a. T., von wo ab wieder allem Anschein nach eine andere Gerade auftritt, was die bei 90 % Ni ausgesprochene Vermutung bestärkt.

70 % Ni. Die gleichen Bemerkungen gelten auch hier. Die

---

[1]) Mit Curie'scher Punkt ist hier dasjenige Θ bezeichnet, das aus den Versuchen über dem Umwandlungspunkt gewonnen worden ist; während der Wert, von Θ, der aus den Versuchen unter dem Umwandlungspunkt extrapoliert wird, korrekter als der Punkt des Verlustes der spontanen Magnetisierung bezeichnet wird. Sie sind, worauf später noch zurückgekommen werden soll, den vorliegenden Versuchen nach anscheinend nicht ganz identisch.

[2]) Eine nachträglich veranlasste Analyse des Ni (I), die ich Herrn Dr. Carl Mayr, Assistent an der Eidg. Technischen Hochschule verdanke, hatte in der Tat folgendes Ergebnis:

Ni	98,09 %
Co	1,86 %
Fe	0,05 % (?)
	100,00 %

Da für die Analyse nur 0,5810 gr zur Verfügung standen, ist die Sicherheit für die Angabe des Eisengehaltes nicht gross; er kann unter Umständen bis zu 80 % seines Wertes fehlerhaft sein. — Diese Analyse bestätigt aber (i. B. auf die Verschiebung des Umwandlungspunktes Θ nahezu quantitativ) das aus den magnetischen Messungen gewonnene Bild.

Abweichungen bei den höheren Temperaturen sind kaum mehr mit Sicherheit zu konstatieren.

60 % Ni, 50 % Ni, 40 % Ni. Diese Legierungen geben zu weiteren Bemerkungen kaum Veranlassung. Die offenbar etwas grössere Unsicherheit in der Kurve für 60 % Ni ist auf eine zufällige Störung während der Messungen bei den tieferen Temperaturen zurückzuführen, die im Nickelofen ausgeführt wurden. Bei der zweiten Serie, mit Hilfe des Platinofens, ist mit besonderer Sorgfalt vorgegangen worden. Es gehören zu ihr die Punkte 2, 8, 10, 11, 12, 13, 14, die zu der als gültig angesehenen Geraden geführt haben.

30 % Ni. Die Kurve weist keinerlei Sonderheiten auf; jedoch zeigen die Messungen hier einen etwas grösseren Grad von Unsicherheit als gewöhnlich, so dass die Neigung der durch die Punkte zu legenden Geraden, und somit die Grösse der Curie'schen Konstanten mit einem etwas grösseren Fehler als dem durchschnittlichen von 0,5 bis 1 % behaftet sein könnte.

20 % Ni und 10 % Ni veranlassen keine weiteren Bemerkungen.

100 % Co. Hier wurden wiederum, wie bei allen Legierungen zwei Versuchsreihen ausgeführt. Die eine reichte mit dem Nickelofen bis zu der für diesen ausserordentlich hohen Temperatur von 1349° C. Die zweite mit dem Platinofen reichte bis zu 1407° C., bei welcher Temperatur seine Bewicklung durchbrannte. Zwischen diesen beiden Versuchsreihen zeigt sich nun im Gegensatz zu den entsprechenden bei den übrigen Legierungen, eine merkwürdige Divergenz. Die Punkte jeder Versuchsreihe bestimmen in einwandfreier Weise eine Gerade, die beide nach derselben Umwandlungstemperatur hin konvergieren sich sonst aber keineswegs decken. Es scheint mir diese Abweichung auf einen unbeachtet gebliebenen Fehler in der Montage der Versuchseinrichtung bei der ersten Beobachtungsreihe zurückzuführen zu sein; wodurch dann die Ausschläge, resp. die zu deren Kompensation nötigen Ströme zu kleine Werte annahmen. Da jedoch der Fehler nachträglich nicht mehr festgestellt werden konnte, habe ich in den vorstehenden Zahlentafeln beide Versuchsreihen getrennt wiedergegeben; ebenso die zugehörigen Curie'schen Konstanten. In der Figur 10b ist die zweifelhafte Versuchsreihe punktiert angegeben.

Der für beide Versuchsreihen gemeinsame Umwandlungspunkt liegt bei 1411° a. T. gegenüber 1404° resp. 1422° a. T. wie er in der Arbeit des Herrn Foëx angegeben ist. Herr Foëx hat in der Kurve des Kobalt einen Knick beobachtet, von dem ich gar nichts bemerken konnte. Der gemeinsame Umwandlungspunkt schliesst

eine derartige Deutung meiner beiden Versuchsreihen vollständig aus; auch zeigen die grossen Verschiedenheiten zwischen den hier und von Herrn Foëx bestimmten Curie'schen Konstanten, dass durchaus keine Analogie mit dem von ihm beobachteten Knick vorhanden ist.

Die Umwandlungstemperaturen und die Curie'schen Konstanten.

Die Umwandlungspunkte, wie sie sich aus den Versuchen über dem Umwandlungspunkt ergeben haben, sind in der Tabelle IX in der fünften Kolonne wiedergegeben und in der Fig. 11 in Funktion

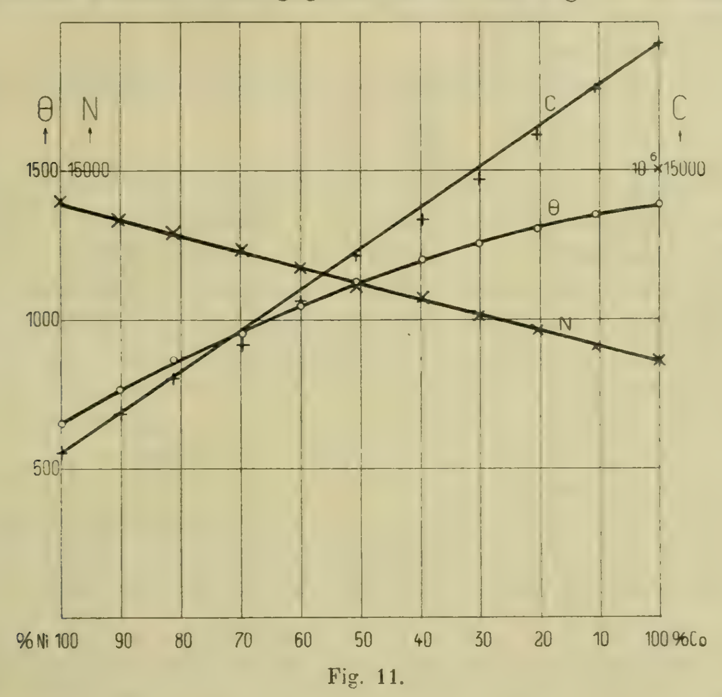


Fig. 11.

des Prozentgehaltes aufgetragen. Man erkennt eine systematische Abweichung von den Umwandlungstemperaturen, die sich aus dem ersten Teil der vorliegenden Arbeit ergeben haben, und die ebenfalls in der Tabelle IX und zwar in der dritten Kolonne aufgenommen sind. In der vierten sind die Differenzen zwischen den zwei Werten selbst angegeben. Man sieht, dass sie sich um einen ziemlich konstanten Mittelwert von ungefähr 18° Grad bewegen.

Diese Tatsache ist aber ein Beweis dafür, dass in der Nähe des Umwandlungspunktes Veränderungen in der magnetischen Struktur des Materials von sehr tiefgreifendem Charakter vor sich gehen, die von wesentlich anderer Art sind, als der durch die Theorie gut gekennzeichnete Vorgang des Verlustes der spontanen Magnetisierung.

Wir werden im nächsten Abschnitt erkennen, in welcher Richtung diese Veränderungen wahrscheinlich zu suchen sind; hier soll noch auf einen anderen Umstand hingewiesen werden.

Tragen wir nämlich die Curie'sche Konstante C in Funktion des Prozentgehaltes auf, so ergibt sich, wie Fig. 11 zeigt, eine ziemlich gut bestimmte Gerade. Diese Tatsache ist an und für sich bemerkenswert, da die Theorie nach den Gesetzen der kinetischen Gastheorie, die merkwürdigerweise hier auch ihre Anwendung auf die Drehung der Elementarmagnete in festen Lösungen gestatten, ebenfalls eine geradlinige Variation der Curie'schen Konstante mit dem Prozentgehalt fordert. [1])

Nun gibt aber die Theorie die schon öfter erwähnte Beziehung:

$$\Theta = CND,$$

aus der sich nun der Koeffizient N des molekularen Feldes für jede Legierung berechnen lässt. Für diese Berechnung müssen natürlich zusammengehörige Werte von Θ und C gewählt werden, hier also die im zweiten Teil dieser Arbeit gefundenen Umwandlungspunkte. Für die Dichten D wähle ich die in Tabelle II gegebenen interpolierten Werte, die mit dem in Abschnitt III A gegebenen Ausdehnungskoeffizienten auf die Umwandlungstemperatur korrigiert worden sind. Die benutzten Werte für die Dichten und die berechneten Werte für die Koeffizienten N finden sich ebenfalls in der nun folgenden Tabelle IX.

Die in der Tabelle IX gegebenen Zahlen veranlassen einen Vergleich mit den Resultaten der Arbeit Weiss & Foëx. Der hier gefundene Wert der ersten Curie'schen Konstanten des reinen Nickels weicht um 0,8 bis 0,6 % von der Bestimmung Foëx ab, dagegen zeigen sich, wie schon erwähnt, beim reinen Kobalt starke Abweichungen von den früheren Werten, die zu 0,0217 resp. 0,0182 angegeben sind.

---

[1]) Die Lage der Punkte auf der Kurve C der Fig. 11 macht allerdings den Eindruck, als ob eine systematische Abweichung der Curie'schen Konstanten vom linearen Gesetz vorhanden sei, die ihr Maximum von 3 bis 4 % in der Mitte der ganzen Legierungsreihe erreichen würde; und die Tatsache, dass diese Abweichungen den linearen Verlauf von $N = f(\%)$ nicht zu stören vermögen, bestärken die Vermutung, dass es sich hier nicht um zufällige Fehler des Versuchs handelt. Da jedoch der Grund einer solchen Abweichung schwer klar zu legen sein dürfte, schien es geraten, die Gleichung der Geraden $C = f(\%)$ auch noch nach der Methode der kleinsten Quadrate zu bestimmen und dabei sämtliche Punkte als gleichwertig zu betrachten.

Diese Rechnung ergibt, wenn C die Curie'sche Konstante und n den exakten Prozentgehalt an Kobalt bedeuten, die Gleichung:

$$C = 0{,}005265 + 0{,}0001382 \cdot n.$$

Tabelle IX.

Legierung % Ni	Θ für 10000 G.	Θ für 0 G.	Differenz.	Θ a. T.	C	D	N
	aus den Beobachtungen unter dem Umwandlungspunkt			aus den Beobachtungen über d. Umwandlungspkt.			
100 Ni (I)	655	650	15	665	0,00552	8,60	14005
				466	0,00755		
100 Ni (II)				645,5	0,00551	8,60	13610
				501	0,00687		
90	770	765	21	786	0,00688	8,58	13350
80	874	869	25	894	0,00805	8,56	12980
70	958	953	14,5	967,5	0,00918	8,54	12320
60	1053	1048	21	1069	0,01066	8,53	11750
50	1133	1128	23	1151	0,01216	8,51	11150
40	1207	1201	19	1220	0,01339	8,49	10750
30	1261	1255	10	1265	0,01470	8,48	10160
20	1310	1304	18	1322	0,01620	8,47	9660
10	1358	1352	13	1365	0,01775	8,46	9080
100 Co	1394	1388	23	1411	0,01930	8,45	8650
				(1411	0,01749		9550)

Zeichnet man nun die oben berechneten Werte von N, wie es in Fig. 11 geschehen ist, auf, so zeigt sich eine klar ausgesprochene lineare Variation, von der, mit Ausnahme des Ni (II) (vergl. Tab. IX), nirgends Abweichungen auftreten, die $\pm 1\,\%$ des Wertes überschreiten würden [1]).

---

[1]) Die entsprechende Rechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate, wie sie für C ausgeführt worden ist, ergibt für die Koeffizienten N die Gleichung:

$$N = 13963 - 54{,}1813 \cdot n.$$

Um die Grösse der Abweichungen der experimentellen Werte von den mit den Gleichungen interpolierten kennen zu lernen, diene die nachfolgende kleine Tabelle. Darin bedeuten die Δ_C resp. Δ_N die prozentuell berechneten Differenzen der interpolierten Grösse C resp. N weniger die experimentelle.

n % Co	Δ_C %	Δ_N %	n % Co	Δ_C %	Δ_N %
1,86	± 0,0	— 1,02	60,43	+ 1,7	— 0,56
9,78	— 3,8	+ 0,62	69,77	+ 1,4	+ 0,22
18,61	— 2,6	— 0,20	79,54	+ 0,4	— 0,07
30,35	+ 3,0	— 0,09	89,27	— 0,8	+ 0,50
40,00	+ 1,2	+ 0,38	100,00	— 0,9	— 1,22
49,31	— 0,7	+ 1,26			

Es ergeben sich daher für die vorliegenden Legierungen die beiden allgemeinen Resultate:

Sowohl die Curie'sche Konstante als auch der Koëffizient des molekularen Feldes variieren linear mit dem Prozentgehalt der Legierung.

Daran schliesst sich aber als einfache rechnerische Folgerung das weitere Resultat:

Die Variation der Umwandlungstemperatur in Abhängigkeit von dem Prozentgehalt der Legierung erfolgt nach einem parabolischen Gesetz.

C. Die Resultate unter dem Gesichtspunkt der Magnetontheorie.

Nachdem in allerneuester Zeit Herr Prof. Weiss[1]) den Nachweis geleistet hat, dass auf dem Gebiete des Magnetismus, ähnlich wie auf demjenigen der Elektrizität, ein Elementarquantum besteht, das, wie es scheint, dem Elektron durchaus analog ist, und das er dementsprechend mit dem Namen Magneton belegt hat, so war es interessant zu untersuchen, was die oben beschriebenen Resultate der vorliegenden Arbeit unter diesem Gesichtspunkt ergeben würden.

Die Versuche am reinen Nickel und Kobalt.

Es ist aus der Theorie des Magnetons ohne weiteres verständlich, dass es nur i. B. auf chemische Elemente einen Sinn hat, nach einer an deren Molekel gebundenen festen Zahl von Magnetonen zu forschen, die dann für den betreffenden Stoff charakteristisch wäre.

Nehmen wir an, eine Molekel eines chemischen Elementes enthalte als charakteristische Konstante eine bestimmte Anzahl (z) von Elementarmagneten oder Magnetonen, so ist notwendigerweise das magnetische Moment eines Grammoleküls das zZ-fache des Elementarmomentes, wenn Z die im Grammolekül enthaltene Anzahl von Molekeln bedeutet. Dies jedoch wiederum nur unter der ausdrücklichen Voraussetzung, dass alle Elementarmagnete unter sich parallel gerichtet seien. Dies ist unter dem Einfluss eines endlich grossen Feldes nur bei der Temperatur des absoluten Nullpunktes zu erreichen.

Bedeuten nun σ_0 die auf die Masseneinheit berechnete absolute Sättigungsintensität, m das Molekulargewicht, $m\sigma_0$ das absolute Sättigungsmoment auf ein Grammolekül berechnet; und nehmen wir den von Prof. Weiss zu 1123,5 angegebenen Wert des „Grammagneton“ als den richtigen an, so erhalten wir folgende kleine Zahlentafel:

---

[1]) P. Weiss; Arch. phys. nat. (4) t. XXXI. 1911. S. 402.

Tabelle X.

Metall	σ_0	m	$m \cdot \sigma_0$	$\frac{m \cdot \sigma_0}{1123,5}$	z
100 % Ni	57,90	58,7	3397	3,02	3
100 % Co	170,20	59	10042	8,94	9

Es ergibt sich also das Resultat:

In der Nähe des absoluten Nullpunktes der Temperatur enthält eine Molekel des reinen Nickels drei, eine Molekel des reinen Kobalts neun Magnetone.

Dabei ist zu bemerken, dass der Wert 1123,5 z. T. mit Benutzung des Nickels bestimmt worden ist. Das Resultat ist also nur i. B. auf das Kobalt neu.

Man ist geneigt, den Umstand, dass sich hier, im Gegensatz zu früheren Untersuchungen, auch für das reine Kobalt eine ganze Magnetonzahl ergibt, als eine neue indirekte Bestätigung für die Richtigkeit der, von der Legierung 70 % Co an vorgenommenen Extrapolation der geradlinigen Variation von σ_0 in Funktion des Prozentgehaltes anzusehen. Es darf nun jedoch bemerkt werden, dass, wenn wir nun die Gerade $\sigma_0 = f(\%)$ so legen, dass sie auch für 100 % Co die exakte Magnetonzahl ergibt, dass sie dann in dem Gebiet der experimentell bestimmten von der wirklich gezogenen Geraden kaum merklich abweicht, dass aber die durch sie geforderten Extrapolationen der Kurven für 80, 90 und 100 % Co sich noch besser dem Gesamtverlauf der letzteren anschliessen.

Die Zustände über dem Umwandlungspunkt.

Ziehen wir nun, bevor wir die Versuche unterhalb des Umwandlungspunktes weiter betrachten, die Resultate des zweiten Teiles dieser Arbeit heran.

Die Theorie gibt die Beziehung:

$$(m \cdot \sigma_0)^2 = 3\, RC \cdot \dot{m},$$

wobei mC die auf ein Grammolekül bezogene Curie'sche Konstante bedeutet, während R die universelle Gaskonstante ist. ($R = 83{,}155 \cdot 10^6$ Erg pro Grad). Setzen wir für $3\,R$ die Zahl $249{,}5 \cdot 10^6$ ein und für C die aus Tabelle IX ersichtlichen Werte[1]), so ergibt sich für reines Nickel und Kobalt die folgende Zahlentafel.

[1]) Setzt man statt dieser Werte diejenigen, die sich aus der Gleichung S. 58 für $n = 0$ und $n = 100$ ergeben, so erhält man für reines Nickel $z = 7{,}82$ und für reines Kobalt $z = 14{,}92$.

Tabelle XI.

Metall	C	m	$m \cdot \sigma_0$	$\frac{m \cdot \sigma_0}{1123,5}$	z
100 % Ni (I)	0,00552	58,7	8998	8,002	8
	0,00755[1])		10515	9,36	(9)
100 % Ni (II)	0,00551	58,7	8976	7,99	8
	0,00687		10060	8,96	9
100 % Co	0,01930	59	16855	15,008	15
	0,01749 (unsicher)		16041	14,285	(?)

Man erkennt aus obigen Zahlen, dass sie für das Nickel in der Nähe des Umwandlungspunktes die Resultate der älteren Untersuchung bestätigen; dagegen zeigt sich die interessante Tatsache, dass bei dem Ni (II) auch die Gerade hinter dem Knick eine Curie'sche Konstante ergibt, die auf eine gerade Magnetonzahl führt. Freilich galt die Versuchsreihe an dem Ni (II) ursprünglich nur als Kontrollversuch, weshalb die Gerade durch relativ wenige Punkte bestimmt ist, da diese sich aber mit bemerkenswerter Regelmässigkeit an einander reihen, wird der Schluss wahrscheinlich, dass hier keine wesentlichen Versuchsfehler vorliegen. Das zeigt, dass bei dem Ni (I) die Verunreinigungen den Vorgang etwas getrübt haben, wodurch die grössere Abweichung von der ganzen Magnetonzahl, die aus dieser Versuchsreihe resultiert, verständlich wird. Die Behauptung scheint also berechtigt, dass das reine Nickel in der nächsten Nähe von 1200° a. T. die Zahl seiner Magnetone von acht auf neun vermehrt.

Wie man sich eine solche Vermehrung der Magnetone vorzustellen hat, und wie sich vor allem der Umstand erklären lässt, dass trotz dieser Vermehrung bei der betreffenden Temperatur kein Sprung in der Suszeptibilität zu bemerken ist, wie z. B. beim reinen Eisen, wird eine genauere Theorie noch zu zeigen haben.

Interessant ist die Bemerkung, dass der Zustand des reinen Nickels mit 9 Magnetonen bereits schon von anderer Seite her bekannt ist. Er ergibt sich nämlich als Extrapolationswert aus dem Verlauf der Curie'schen Konstanten der reversibeln Nickel-Eisen-Legierungen[2]), wo er jedoch schon bei viel tieferen Temperaturen auftritt. Dort handelt es sich um feste Lösungen von Fe_2Ni mit Ni; es scheint hier also ein Einfluss der Umgebung auf das Atom konstatierbar zu sein.

Für das reine Kobalt sind in der vorstehenden Tabelle beide Versuchsreihen zur Berechnung herangezogen worden. Es zeigt sich je-

---

[1]) Durch Verunreinigung des Materials mit Eisen und Kobalt unsicher.
[2]) P. Weiss; Arch. phys. nat. (4) t. XXXI. 1911. S. 402.

doch auch hier wieder, dass die zweifelhafte Versuchsreihe eine weit grössere Abweichung von der ganzen Magnetonzahl ergeben würde, als dass sie in den Rahmen der übrigen Versuche passen könnte. Entgegen den Messungen des Herrn Foëx ergibt hier auch die Curie'sche Konstante des reinen Kobalts eine ganze Zahl von Magnetonen.

Wir können demnach als weitere Resultate anführen:

Das reine Nickel enthält in den Zuständen zwischen 770° und 1200° a. T. acht Magnetone, bei den noch höheren Temperaturen zunächst deren neun.

Das reine Kobalt enthält in den Zuständen zwischen 1460° und 1645° a. T. fünfzehn Magnetone.

Die verschiedenen Umwandlungspunkte.

Wie man aus diesen Resultaten erkennt, ist die Magnetonzahl eines Materials nicht konstant, sondern in den verschiedenen Temperaturgebieten unter Umständen verschieden. Diese Tatsache legt die Vermutung nahe, dass Veränderungen der Magnetonzahl auch in dem Temperaturintervall unter dem Umwandlungspunkt auftreten können, wodurch die Tatsache verständlich würde, dass die meisten untersuchten Substanzen erhebliche Abweichungen von der theoretischen Kurve zeigen.[1]) Eine Veränderung der Magnetonzahl in nächster Nähe des Umwandlungspunktes würde auch eine Verschiedenheit der Umwandlungspunkte, die aus den Beobachtungen vor resp. nach dem Verschwinden der spontanen Magnetisierung sich ergeben, zu erklären gestatten. Es scheinen mir jedoch die vorliegenden Versuche, bei deren Durchführung diese spezielleren Fragen nicht vorgesehen waren, zu einer einwandfreien Beantwortung derselben nicht geeignet.

Hier möge zum Schluss nur noch auf die Beobachtung hingewiesen sein, dass, wenn man auf den Kurven $\sigma = f(T)$ die korrespondierenden σ z. B. für $T = \frac{3}{4}\,\Theta$ herausgreift, und diese Werte in Funktion des Prozentgehaltes aufträgt, dass dann immer noch, wie für σ_0 eine innerhalb der Versuchsgenauigkeit exakte Gerade auftritt. (Vergl. Fig. 8.) Dieser Parallelismus in dem Verhalten von Nickel und Kobalt ist ein neues Glied in der grossen Reihe von Ähnlichkeiten, die diese beiden Metalle untereinander aufweisen.

---

[1]) Vergl. Weiss & Kamerlingh Onnes; l. c.

D. Zusammenfassung.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit lassen sich folgendermassen zusammenfassen:

I. Die beiden Metalle Nickel und Kobalt verhalten sich, nicht nur metallographisch, sondern auch magnetisch, wie zwei vollständig in einander lösliche Bestandteile.

Die Variation der absoluten Sättigungsintensität ist linear in Funktion des Prozentgehaltes.

II. Die Curie'sche Konstante variiert linear mit dem Prozentgehalt und ebenso die Konstante des molekularen Feldes.

III. Die Temperatur der Umwandlungspunkte variiert nach einem parabolischen Gesetz.

IV. Das Bestehen eines ganzzahligen Verhältnisses zwischen den magnetischen Momenten der Grammoleküle chemischer Elemente bestätigt sich ebenso wie die Richtigkeit der bisherigen Grössenangabe für das Grammagneton, soweit hier die erreichte Versuchsgenauigkeit eine Kontrolle gestattet.

V. Für das Kobalt wird nachgewiesen, dass es sich wie Nickel und Eisen in den Rahmen der Magnetontheorie einfügt.

Geschichtliches über die Vogelwelt des Zürichseegebietes.

Von

K. Bretscher.

Vielleicht gibt es nirgends mehr ein Gebiet, auf dem sich die Veränderungen, die sich im Vogelleben im Laufe der Jahrhunderte vollzogen haben, so gut feststellen lassen wie das unseres Zürichsees und seiner Umgebung. Das ist möglich an Hand von drei Urkunden, die in ungefähr gleichen zeitlichen Abständen annähernd ein Bild des jedesmaligen Zustandes geben, so dass eine ziemlich genaue Vergleichung möglich ist und Schlüsse auf genügend sicherer Grundlage durchaus zulässig sind.

Bei diesen drei Urkunden handelt es sich um

1. Gessners Vogelbuch, in der Heusslinschen Übersetzung vom Jahre 1557
2. Hans Konrad Eschers Beschreibung des Zürichsees aus dem Jahre 1692
3. Schinz, Der Kanton Zürich in naturgeschichtlicher und landwirtschaftlicher Beziehung; 1842.

Das vierte und beste Dokument endlich liegt im gegenwärtigen Zustand unserer Ornis offensichtlich vor Augen.

Weil Escher mehr eine Aufzählung des Vogelbestandes seiner Zeit gibt, empfiehlt es sich, seine Darstellung zuerst vorzunehmen.

Lassen wir also Escher das Wort: „Neben den vierfüssigen Tieren, Kriechendem und Fliegendem Ungeziefer finden sich auch auf dem Zürich-See allerley Geflügel, zahme und wilde Enten und Gänse, Böhlinen und Tüchel, auch zuweilen Schwanen . . .

Was die Wilden Enten und Bölhinen, Tüchel und Schwanen betrift, seiend derselbigen mancherley Gattungen, als die Rätsch-Enten, Stortz-Enten, Roth-Enten, Schell-Enten, Foll-Enten, Weisselg-Enten, Rhein-Enten, Kruck-Entlein, grosse und kleine Düchel- oder Duch-Entlein und Bölhinen, die sich alle Winter in solcher menge auf disem See aufhalten, daß man derselbigen bis in 400. 500. 600 und mehr mit einanderen schwümmen sihet . . .

Es erzeigen sich auch etwan auf disem See sehr grosse Netzenscharben, so auf die 14 pfunde wägen . .

Schnee-Gänse, welche erst überall an Farb und Gestalt den zahmen Gänsen gleich, befinden sich auch zun Zeiten auf diesen See.

Wilde Schwanen gibt es auch, wann gar grimmig-kalte Winter einfallen, wie dann A. 1649 zwey auf diesem See geschossen worden . . deßgleichen sind A. 1684 den 24. Hornung drey geschossen worden.

Um die revier dieses Sees gibet es auch dem Gestade nach mancherley Reigel, Storken, Rohrdummel, bey uns Lorrind genennet, weilen sie wie ein Rind lüjen und brülen, so sehr weit gehöret wird, deßgleichen Entenstössel, so die Enten aus dem See hinweg tragen und fressen:

Item mancherlej kostliche, grosse und kleine Wasserschnepfe, Uberschnabel, Heerschnepfe, Wasser-Amslen, Eisvögel, Wasserwinsele, Weisse und Gelbe Wassersteltzen, Gyfitzen, deren es eine grosse menge gibet in der Lützelau, und gut zuessen sind . . . Man sihet auch dem See nach, den ganzen tag, mit einem verdrießlichen Geschrey, hin und wider fliegen eine grosse menge Hollbruder und vielerlej Meben oder Gyritzen, fressen sehr viel Fische . . .

Es gibet auch auf den hohen und niederen Bergen, so um diesen See gelegen, mancherlej kostliche, grosse und kleine Vögel und Trappgänse, sonst Ackertrappen genennet . . . So giebet es auch zun zeiten Urhanen und Laubhanen. A. 1689 in dem Weinmonat, hatte einer auf dem Wädenschweilerberg zwey grosse Urhanen geschossen. Turteltauben und sonst Wilde Tauben giebet es eine grosse anzahl. Rietschnepfe findet man in allen Hölzeren, sonderlich giebet es viel in dem Wädenschweiler- und Horgerberg. Es hatte A. 1688 einer von Wädenschweil an einem tage, etlich hundert zu Zürich feil getragen.

So ist auch aller Orthen dieses Sees kein mangel an Rebhüneren, Wachtlen, Krametsvöglen, Amslen, Ringamslen, Trostlen, Wittenwallen, Rebwinslen, Lerchen, so alle für kostlich gehalten werden." — Diese Reihe ist unter dem Titel „Zärtliche und köstliche Vögel" angeführt; an sie schliesst sich die der „gemeinen Speißvögel", die wie jene gefangen wurden:

„Sonsten giebet es noch viel andere Vögel, die zur Speise gebraucht, aber nicht so hoch als die vorgehenden gehalten werden, als Eggenscheren, Todler, Mistler, Rinderstarren, Holtzgügel, Grünspecht, grosse und kleine Schiltspecht, Maurspecht, Hatzlen, Kirsfinken, Blutfinken, Buchfinken, Waldfinken, Grünfinken, Nussbrecher, Spatzen, Wiese Emerizen, Gelb Emeritzen, Weiss Emerizen, so alle Herbstzeit im Strick häufig gefangen werden.

Singvögel hat man so viel einer begehret, als Nachtigallen, Zinßli, Creuzvogel, Schwarzköpf, Distelvögel, Graßmuggen, Natherzünglein, insgemein Windhälse genennet, Citrinle, Rothbrüstlein, Haußröthelj. Zaunschlipferlein, wie auch allerhand gattungen Meissen, als Spiegelmeisen, Blaumeisen, Kohlmeisen, Maurmeisen, Pfannenstilein oder Schwanzmeißlein, und Waldmeißlein, auch Speiren, Schwalben, Thurnspeiren, u. a. m."

Die Vertreter dieser Gruppe scheinen nicht gefangen worden zu sein.

„Raub" Fleischfrässige-Vögel seind um den ganzen See nur gar zu viel, als Stein-Adler, Gyren, Habich, Mossweyen, Falken, Sperwer, Uhu oder Ohren-Eule, [deren einer A. 1654 nächst bey der Statt Zürich, vast einen halben tag lang mit einem Adler gestritten, und seine Klauen solcher gestalten in denselbigen getruket, dass, als der Adler tot auf die Erde gefallen, Er sich nicht mehr daraus loos machen können]. Steinkäutzlein, Nachteulen, Wannenweher, kleine Fälklein, Rappen, Krayen, Nebel Krayen, Aegersten, Dornaegersten, Guggauch, Tullen, Dorn Krezer.

Zun zeiten giebet es auch ganz Frömde Vögelein, die scharenweise durch unser Land fliegen, als: Böhmerlein, Böhmische Hätzlen oder Roller, Totenvögelein, Thütscherlein u. a. m. sind aber gemeinlich keine gute Vorbotten, dann meistentheils schwere Krankheiten, oder sonsten großes Ungemach darauf erfolget.

A. 1525 Fienge man in dem Zürichgebieth in die 30 Centner Vögel, je fünf für ein pfund gerechnet."

Gehen wir nun zu Gessner zurück. Die Gegenüberstellung der Escherschen und Gessnerschen Angaben muss auf der gewiss berechtigten Annahme fussen, dass der erstere der Namen des letztern sich bedient habe. Allerdings sind uns diese zum guten Teil fremd und nicht mehr geläufig; da aber Gessner die Objekte seiner Anschauung meistens gut beschreibt oder abbildet, so lässt sich in der grossen Mehrzahl der Fälle mit genügender Sicherheit feststellen, was ihm vorgelegen hat. Vielfach braucht Gessner die Ausdrücke: „bey uns", „unser Vogel", „unsere weydleut" als einzige Ortsangabe. Auch da ist man wohl auf dem richtigen Weg, wenn solche nähere Bestimmungen auf seine Vaterstadt Zürich und deren nähere oder weitere Umgebung bezogen werden, sofern nichts anderes dagegen spricht, was mir übrigens von Herrn Oberbibliothekar Dr. Weber bestätigt wurde.

Was nun die Bölhinen Eschers anbetrifft, so kann es sich nach Gessner nur um das schwarze Wasser- oder Blässhuhn. *Fulica atra*[1]),

[1]) Die Namen sind die des neuen Naumann (Naumann, Naturgeschichte der Vögel Mitteleuropas) 1905; daher die Autorangaben weggelassen.

handeln. Er sagt von ihm: „Unsere Bolhinen haben allezeyt einen unlieblichen und märächten geschmack“ und ferner: „Dise vögel sind am besten im Herbstmonat zu ässen.“

Die Rätsch- oder Stortzenten sind unsere gewöhnlichen Wild- oder Stockenten, *Anas boschas*. Auch Escher unterscheidet sie als verschiedene Tiere, schreibt aber beiden den grünen Kopf und weissen Halsring des männlichen Tieres zu.

Wahrscheinlich versteht Escher unter seiner Rothente unsere, jetzt noch im Zürichsee ziemlich häufige Tafelente, *Fuligula ferina*, die von Gessner als Mittelente aufgeführt wird.

Auch die Schellente, *Fuligula clangula*, wird von diesem erwähnt: „Die unseren nennend dise ein Schellent, von der gstalt ires schnabels, als ich vermein, welche einer schällen nit ungleich ist, oder daß sy in jrem flug ein sölichen ton mit jren flüglen einer schällen gleych machend.“

Die Weisselgente ist offenbar der kleine Säger, *Merganser albellus*; die Rheinente scheint ebenfalls diese Form zu sein. Das Tierbuch sagt von ihr: „er wirt allein in großer kelte in den seehen und flüssen gefangen“ und nachher wohl von der gleichen Art: „Dise kaufft man bey uns winterszyt zu der speyß nit minder dann die wilden Enten.“ Auch der „Merch“ von der Reuß gehört hieher.

Unter den Kruckenten haben wir die Krickente — von Gessner als unsere „Kruckentlein“ bezeichnet — *Anas crecca* zu verstehen, unter den grossen und kleinen Düchel- oder Duchentlein dagegen die Lappentaucher, *Colymbus*, von denen der kleine, *C. fluviatilis*, und der grosse, *C. cristatus*, die häufigsten sind. Von letzterem erzählt Gessner: „Der wirt in unserm see und etlichen anderen nach darbey, darzu im Genffersee gefunden. Deren vöglen dises geschlächts fahet man gmeinlich eine grosse vile im Zürichseegebiet, gwonlich in der mitte deß Augstmonats im Greiffensee mit netzen oder garnen: und disen tag nennend diselbigen leut Dücheltag: und das mal so sy nach dem fang miteinanderen essend in deß vogts hauß Düchelmal: dann zu derselbigen zeyt mögend sy umb des musens willen nit fliegen“ (Düchel = tauchend).

Der grosse Naturforscher hat auch noch andere „Düchel gesehen“, ohne sie jedoch weiter auseinanderzuhalten und zu beschreiben, so dass es unmöglich ist, die betreffenden Arten festzustellen. Aber aus allem ist zu schliessen, dass diese Wasserbewohner unsere Seen und Flüsse zu Gessners in nicht geringerer Zahl als zu Eschers Zeiten belebten.

Eschers „Netzenscharben“ ist unsere Kormoranscharbe, *Phalacrocorax carbo*. Gessner hat sie „in henden ghebt. So man disen

im Rhein bey uns sieht, sol es ein zeichen einer grossen kelte seyn. Doch weiß ich, daß sy etwan in unserem see im Herbstmonat im außgang deß zwentzigsten tags sind gefangen worden, allein zu kalter zeyt . . . Er kumpt vast zu winterszeyt in unseren see."

Eschers „Schneegans" ist nicht *Anser hyperboreus*, sondern die Graugans, *Anser anser*; denn Gessner sagt: „Die wild Ganß wirt von etlichen Schneeganß genennt, darumb daß sy anfangs deß Winters, so der schnee vorhanden, bey uns jr wonung hat." Der weitere Satz: „wiewol unsere die erst und ander gattung also nennend", beweist, dass auch die Saatgans, *A. fabalis*, wohlbekannt und vorhanden war; denn „dise wonend gern in Schweitzeralpen". Schwäne werden nach dem Tierbuch „bey uns selten, etwan allein in einem seer rauhen Winter, wenn die see gantz überfrierend, gefangen . . . Er wirt von unsern ein Ölb oder Elbs genennt." Zu dieser Angabe stimmt die weitere: „bey uns nistet er in weyeren im kraut" nur, wenn wir annehmen, es handle sich bei dem Wintergast um den Singschwan, *C. musicus*, bei dem nistenden um den Höckerschwan, *C. olor*. In der Tat trifft auch die gegebene Beschreibung für beide zu. Weiter sagt Gessner: „Die Schwanen werdend bey uns nit zur Speyss gelobt . . . Ein Schwan ist auff ein zeyt bey umb 9 Costentzerbatzen verkaufft worden."

Vom „Storken", *Ciconia ciconia*, gibt Gessner an: „Deren sind vil im Schweytzerland, fürauß da vil see und wyer sind."

Von den „mancherley Reigeln", die Escher anführt, spricht auch Gessner: Vor allem war der graue Reiher, *Ardea cinerea*, häufig. „Wir nennend ihn einfaltig Reigel, dieweyl er bey uns gar gemein ist." Welche andere verwandte Arten noch bei uns vorkamen, lässt sich aus dem Tierbuch leider nicht ersehen mit Ausnahme des Purpurreihers, *A. purpurea*, der als „grosser Rorreigel" aufgeführt ist, und den Gessner „in henden gehebt". Man darf da wohl annehmen, dass es sich um ein zürcherisches Exemplar handelte, da keine weitere Ortsangabe dabei vermerkt ist.

Die grosse Rohrdommel, *Botaurus stellaris*, muss auch zu Gessners Zeiten nicht selten gewesen sein: „So die anstösser unseres Zürichsees desse stimm gehört, fröuwend sy sich und verhoffend ein gut fruchtbar jar."

Mit seinen „großen und kleinen Wasserschnepfen" fasst Escher offenbar eine ganze Reihe von Wat- oder Laufvögeln zusammen, über deren Unterscheidung man damals noch nicht im klaren war.

Der „Überschnabel" ist dem Tierbuch zufolge der Säbler, *Recurvirostra avosetta*, von dem es angibt, dass er „bey uns auch etwan gefangen wirt, aber gar sälten". Sicher ist die Heerschnepfe der

beiden Autoren unsere gemeine Bekassine, *Gallinago gallinago*. Gessner erzählt: „In deß vogels magen, so im Herbstmonat gefangen, hab ich etliche käferlin, weysse, zarte und langlächte würmlinen gefunden.“

Über das, was unter den Wasseramseln und Eisvögeln zu verstehen ist, kann kein Zweifel obwalten; selbstverständlich *Cinclus aquaticus* und *Alcedo hispida*. Beide kamen auch zu Eschers Zeiten hier vor. Jene „wirt von den unsern auch Bachamsel genennt“, letzterer „wonet bey uns winterszeyt bey den bächen so mit eyß überfroren sind“.

Dagegen ist kaum fraglich, was mit Eschers „Wasserwinsel“ gemeint ist. Ohne Zweifel der Vogel, den Gessner als „Wassertrostel“ bezeichnet, und den wir als Wasserpieper, *Anthus spinoletta*, kennen. Dafür spricht, dass er der einzige an Gewässern lebende, drosselähnliche Vogel ist.

In den „weissen und gelben Wassersteltzen“ haben wir bekannte Namen und Gestalten vor uns. Sicher waren sie auch 100 Jahre vor Escher in unsern Gegenden ebenfalls häufig, wenn das Tierbuch dies auch nicht ausdrücklich bemerkt. Ausser diesen, *Motacilla alba* und *boarula*, scheint die *Budytes flava* nicht unterschieden worden zu sein.

Den „Gyfitz“ oder Kibitz, *Vanellus vanellus*, der nach Eschers Zeugnis die Umgebung der Ufenau in so grosser Zahl belebte, den Gessner genossen und „jn wohlgeschmeckt und guter narung seyn bedücht“.

Der „Holbruder“ wird nach diesem am „Konstantzersee Alenbock“ genannt; offenbar handelt es sich da um die Lachmöve, *Larus ridibundus*, wie aus der Beschreibung hervorgeht, die eingeleitet ist: „Der gemein Meb oder Holbrot ist bey uns also gstaltet“.

Von den „Trappgänsen“ berichtet Escher weiter: „daß sie sehr groß seind, wägen über 15 Pfunde, werden mithin zu Wädenschweil, zu Horgen und in dem Silfeld geschossen. A. 1686 seind zu Küßnacht zwüschen dem Pfarrhaus und der Gerwe, vier bey einanderen angetrofen worden.“ Gessner ist die grosse Trappe, *Otis tarda*, in beiden Geschlechtern bekannt. „So wirt nun der Trapp bey uns sälten gefunden“; er sei „eingedenck daß diser auch bey uns drey oder vier mal gefangen in Pündten bey Chur im Jenner und Wintermonat.“ Einer davon wog 9, der andere 14 Pfund; offenbar Weibchen und Männchen. Aus den genauen Angaben Eschers darf geschlossen werden, dass diese Vögel immerhin ausnahmsweise Erscheinungen waren.

Dessen „Urhan und Laubhan“ sind unsere Auer- und Birkhühner, *Tetrao urogallus* und *tetrix*, deren Männchen Gessner als „Or- und Laubhan“ beschreibt, während die Weibchen als „Grügel- und Spilhan“ aufgeführt sind, welche beide Vögel in „Schweitzeralpen, füurauß umb Glaris, gefangen werden“. Dass 1689 zu Wädenswil Auerhähne erlegt

wurden, war wohl wiederum ein zufälliges Ereignis. Offenbar hatten sie sich von der nahen Hohen Rhonen, wo sie immer noch vorkommen, seewärts verirrt.

Wie Escher, so sind auch Gessner die Ringel-, Hohl- und Turteltauben, *Columba palumbus* und *oenas*, wie *Turtur turtur*, wohl bekannt. „Die Turteltauben fliegend auß allen Tauben am ersten von uns, darnach die Lachtauben, zuletst die Ringeltauben.“ Von den Hohltauben sagt das Tierbuch weiter: „Ich hab bey uns offt söliche Tauben, fürauß aber im Hornung und Augstmonat gsähen“, von den letzten, dass sie „in der Eydtgnoßschafft grosse Holtztaub“ genannt werde. Als „Rietschnepfe“ der beiden Autoren hat wohl in erster Linie die grosse Sumpfschnepfe, *Gallinago major*, zu gelten. Gessner berichtet: „Diser vogel wirt schier in allen landen gefunden, in der Eydgnoßschafft an bergächten und wasserächten orten, fürauß im anfang deß Winters . . . Sy werdend bey uns gwonlich im Wynmonat gefangen.“

Der Ausdruck „unser Räbhun“ ist alles, was sich bei Gessner auf das Vorkommen von *Perdix perdix* in unserm Gebiet bezieht; dagegen sagt er von der Wachtel, *Coturnix coturnix*, dass sie „in den ebninen zwüschend den Schweytzeralpen, als bey Pündtern, Wallissern, Rheiwaldern, gleych als vil gefangen werdend als anderschwo. Sunst findt man deren vil allenthalben in der Eydtgnoßschafft.“

Den Krametsvogel, die Wachholderdrossel, *Turdus pilaris*, „wirt zu Herbstzeyt auff äbnem väld und büchlen gefunden, im Sommer in unserm gebirg“. Auch hat sie Gessner „fleyssig besichtiget“.

Die Amsel, *Turdus merula*, war auch zu seinen Zeiten gemein. „Bey uns habend sy jung im Mertzen oder Aprellen.“

Ebenso die „Trostel“, Singdrossel, *T. musicus*, die „man das gantze jar sicht“.

Auch die „Rebwinslen“, die Wein- oder Rotdrossel, *T. iliacus*, kennt Gessner aus unserer Gegend. Sie „wirt bey uns Winsel oder Wintze von seiner stimm wägen: zu Glaris in der Eydtgnoschafft ein Bergtrostel genennt“.

Der „Wittenwallen“ ist die Goldamsel, *Oriolus oriolus*, „der kumpt merteils im Meyen zu uns“.

Selbstverständlich waren auch die Feldlerchen, *Alauda arvensis*, im 16. Jahrhundert bei uns häufig. Bei Gessner fehlt allerdings die Ortsangabe.

Eschers „Eggenschären“ sind grünfüssige Wasser- oder Teichhühner, *Gallinula chloropus*. In seiner *Fauna helvetica* 1837 bezeichnet allerdings Schinz das gesprenkelte Sumpfhuhn, *Ortygometra porzana* als Hegschär; dagegen lässt Gessners Abbildung keinen

Zweifel über das, was er mit diesem Namen versieht. Er sagt dazu: „Ein vogel wirt von unsern weidlüt Eggenschär, anderschwo Heggenschär oder Heggschär genennt, darumb daß er scharweyß bey den hegen umbhärlaufft, da man jn dann nach dem Höuwet findt.“

Todler, Tottler, Chlän, Murspecht hiess früher die Spechtmeise, *Sitta europaea.* „Zu Winterszeyt sycht man den in wisen und gärtnen.“

Der Mistler, die Misteldrossel, *Turdus viscivorus*, „so bey uns gefunden wirt, nistet in unsern landen zu Sommerszeyt“, sagt das Tierbuch.

Ebenso vom Star, *Sturnus vulgaris*: „Die Staaren haltend sich an allen wässerigen orten, bächen und pfützen und fürnemlich da man das rindervych weidet, dannenhär sy bey uns Rinderstaaren genennt werdend.“

Gessner führt Eschers Holtzgügel unter dem Namen Kräespecht auf; offenbar ist es der Schwarzspecht, *Dryocopus martius.* Wenn er ihn auch nicht ausdrücklich als unserer Ornis angehörend erwähnt, so lassen doch seine Angaben über ihn diesen als einen unserer Standvögel erkennen. Auch der Grünspecht, *Picus viridis*, ist ihm wohlbekannt; die gute Abbildung ist wohl ein Beweis, dass das Tier ihm vorgelegen hat, es also bei uns vorhanden war.

Die „grossen und kleinen Schiltspecht“ Eschers heissen im Tierbuch „Aegerstspechte; deren machend sy zwey oder drey geschlächt, so allein an der grösse einen underscheid habend, auß welchen sy den kleinsten von grösse einer Meisen vergleychend: Der wirt auch nit so vil gefunden als die grossen . . . Bey uns ist auff ein zeyt deren einer im Wintermonat gefangen, welcher fürgeworffen baumnussen aß.“ Wir dürfen also unbedenklich alle drei Buntspechte, *Dendrocopus leuconotus*, *medius* und *minor* seit Gessners Zeiten für unser Gebiet ansprechen.

Der Mauerspecht, jetzt Mauerläufer, *Tichodroma muraria* geheissen, „wirt winterszeyt merteils bey uns gefunden, allzeyt um die muren in den stetten, da er würmlin, und füurauß Spinnen sucht“.

Den „Hatzlen“, Eichelheher, *Garrulus garrulus*, hat Gessner „in henden gehebt“.

Vom „Kirsfinken“, Kernbeisser, *Coccothraustes coccothraustes*, berichtet er: „Der Steinbysser wirt in wälden gefangen und zu der speyß verkaufft.“ Den „Blutfinken“, unsern Gimpel, *Pyrrhula pyrrhula*, hat er „etwan in einem schlag vil gefangen“.

Die Buchfinken, *Fringilla coelebs*, „fliegend in unserem Schweytzerland im Winter hinweg, fürauß die weyblin“.

Der Vogel, den „die unseren Waldfink nennend“, ist der Bergfink, *F. montifringilla.*

Dass auch der Grünfink, *Chloris chloris*, zu Gessners Tagen bei uns wohl bekannt war, darf aus dem Wortlaut „Unser Grünling" geschlossen werden.

Ob der Nuss- oder Tannenhäher, *Nucifraga caryocatactes*, Gessner von Zürichs Umgebung bekannt war, ist fraglich, denn er sagt hierüber nur: „er lebt allzeyt in bergen unnd wälden; welchen die Pündter ein Nußbrächer . . . nennend. Ein guter Freund auß der Statt Chur, in Pündten gelägen, hatt mir auff ein zeyt disen vogel zugeschickt."

Die ausführlichen Angaben über die „gstalt, speyß, natur und anmut" des Spatzen, *Passer domesticus*, im Tierbuch sind Gewähr genug, dass er damals schon ein gemeines Tier war.

Der „Weise Emeritz" oder die „Wisenmertzen, den unsere weidlüt also von den wisen nennend, darinn sy wonend", ist der Beschreibung und Abbildung zufolge unser Wiesenschmätzer, *Pratincola rubetra*, während es sich beim „Weiß Emmerizen" höchst wahrscheinlich um den Schneeammer, *Pletrophanes nivalis*, handelt; Gessner sagt von ihm: „Der weyß Emmeritz, so mir im mitten im Winter gezeigt und bey uns gefangen worden."

Auch der „Gelb Emeritz", Goldammer, *Emberiza citrinella*, muss nach Gessner damals häufig gewesen sein: „Dise beschreybung rympt sich gentzlich unserer Emmeritzen, welche von etlichen Goldhamer genennt wirt . . . Sy fliegend scharweyß wie die Spatzen."

Mit der „Nachtgall", *Erithacus luscinia*, beschäftigt er sich so einlässlich, dass wir daraus und aus Eschers Zeugnis auf ihr Vorhandensein bei uns im 16. Jahrhundert schliessen dürfen.

Die „Zinssli", den Erlenzeisig, *Chrysomitris spinus*, „fahet man nit allenthalben im Schweytzerland, sunder allein in bergen, darauff schöne wäld stand."

Die „Fädemli", Girlitze, *Serinus serinus*, „werdend auch in unserm Schweytzergebirg gefangen, dazu in etlichen wälden bey dem Bötzberg; bey uns werdend die, so gut sind mit singen, umb 1 gulden verkaufft."

Der „Creuzvogel", Kreuzschnabel, *Loxia curvirostra*, „Krützvogel, wirt vast bey uns gefangen."

Vom Schwarzkopf, *Sylvia atricapilla*, verzeichnet Gessner keine Fundstelle, ebensowenig von den „Graßmuggen", deren er 4 oder 5 unterscheidet, ohne sie näher zu beschreiben. Eschers Angaben sind aber Beleg genug, dass wir ihr Vorkommen um 100 Jahre zurückdatieren dürfen.

Dasselbe ist vom Distelvogel, Distelfinken, *Carduelis carduelis*, zu sagen.

Das „Natherzünglein, den Windhalß“, Wendehals, *Iynx torquilla*, hat Gessner „auff ein zeyt im aprellen gefangen“. Das Citrinle, der Zitronenzeisig, *Chrysomitris citrinella*, „wirt in hohen bergen und Schweytzeralpen gefangen, als hinder Pfäffers.“ Ob er also bei uns vorkam, bleibt fraglich. Das Rotbrüstlein, *Erithacus rubeculus*, hat er nisten gesehen, „als ich noch seer jung gewäsen“.

Ebenso ist ihm der Gartenrotschwanz, *E. phoenicurus*, wohl bekannt; er führt ihn, wie wohl auch Escher, als „Hausrötelj“ auf.

Der „Zaunschlüpferlin“, *Anorthura troglodytes*, „macht sein näst in wenden . . . das hab ich ein mal am härd in den grünnesslen gesähen.“ Von den Meisen „ingemein“ sagt Gessner: „Man braucht bey uns die Meysen auch zu der speyß“. Von diesen führt er gleich Escher an die „Spiegelmeyß“, *Parus major*, „unsers Blawmeyßle“, *P. coeruleus*, die „Kolmeyß“, Tannenmeise, *P. ater*, die „Murmeyß, bey uns ein Kolmeyß genannt“, also die Sumpfmeise, *P. palustris*. Ob die Schwanzmeise, *Aegithalus caudatus*, das Pfannenstilein, schon da war, ist nicht angegeben, aber nach Gessners Angaben unzweifelhaft.

Gessner's und Escher's „Waldmeißlein“ oder „Tannenmeißle“ ist offenbar das gelbköpfige Goldhähnchen, *Regulus regulus*, denn „es ist in mitten auff sinem kopff mit einem roten fläcken gezeichnet. Bey uns wirt jm der namen von den wälden, in welchen es lebt, fürauß in Tannen und Räckholteren, gegäben.“

Sein feuerköpfiger Verwandter, *R. ignicapillus*, ist bei Gessner unter dem Namen „Goldhendlin“, bei Escher gar nicht erwähnt. „Unsere Goldhendlin werdend merteils zu Herbstzeyt gefangen;“ also geschah dies zur Zugzeit.

Eschers „Spejren“ entsprechen Gessners „Murspyren“ und unserer Mehlschwalbe, *Chelidonaria urbica*. Des erstern Schwalbe ist unsere Rauchschwalbe, *Hirundo rustica*. „Von uns weichend dise vögel im Augsten und kommend im Mertzen widerumm. Die Schwalmen als auch die Spyren werden von etlichen armen geässen.“

Die „Thurnspeiren, Spyrschwalben“, *Apus apus*, „farend bey uns auß allen andern vögeln zum ersten hinweg und kommend zuletst wider.“

Steinadler führt Gessner vom Zürichseegebiet nicht an wie Escher; der Name Steinadler kommt überhaupt bei ersterem nicht vor. Selbstverständlich ist auch nicht ausgeschlossen, dass Escher mit seinem „Steinadler“ einen diesem ähnlichen Vogel bezeichnet, sehr wahrscheinlich den Fisch- oder Seeadler, den Gessner abbildet und als Maßwey, Fischer- oder Entenstössel aufführt. Sagt doch auch Schinz in seiner *Fauna helvetica*, 1837: „Wenn man von Adlern spricht, die in den ebneren Gegenden der Schweiz geschossen oder gefangen

worden seyn sollen, so ist es allemal dieser Adler und nicht der Steinadler, der die Berggegenden nicht verlässt." Gessner sagt von ihm, dass von „unsern Fischern ein Maaßwey genannt wirt, darumb daß er bey den pfützen und seehen wonet. Bei dem Costentzersee nennt man den Entenstössel." Auch jetzt noch wird dieser stattliche Vogel, *Haliaëtus albicillus,* zuweilen bei uns beobachtet. Ob Escher mit seinen „Gyren" Milane oder Weihe meint und welche, muss wohl eine offene Frage bleiben.

Vom „Moßwey", Mäusebussard, *Buteo buteo,* sagt er: „Bey uns werdend sy feyßt und also gerupfft verkaufft."

Vielleicht versteht Escher unter seinen Falken neben andern den Wanderfalken, *Falco peregrinus,* da er die kleineren besonders hervorhebt; denn dieser, sagt Gessner, „wonet gmeinlich in allen landen". Welche daneben aber noch in Frage kommen könnten, muss dahingestellt bleiben, da Gessner über diese Vögel keine oder ungenügende Ortsangaben macht. Gessner führt auch den Blaufussfalken an, von dem er erzählt: „Man findt auch dise Blawfüß an vilen orten und enden deß Schweytzerlands. Sy nistend aber in hohen velsen bey den wasseren oder tieffen klufften und tälern; für auß aber findt man sy heuts tags in einem loch eines hohen steins oder felsens zu Wyach, einem dorff nit weyt von dem stettlin Kaiserstul am Rhyn gelägen." Es handelt sich da offenbar um den Würgfalken, *F. sacer.*

Vielleicht darf Gessners „Bergfalck", der auf dem „rugken und außerhalb an den flüglen äschenfarb graw" ist und den er im „Alpgebirg" vorkommend bezeichnet, als der Merlinfalk, *F. aesalon,* gedeutet werden.

Der Sperber, *Accipiter nisus,* „Sprintz", wie Gessner das Männchen auch nennt, war sicher auch damals gemein, wenn er dies auch nicht ausdrücklich bestätigt. Die Beschreibung des Räubers zeigt an, dass er ihm recht bekannt war.

Den Uhu, „Huwen", die grosse Ohreule, *Bubo bubo,* hat auch er „gesähen".

Das Steinkäutzlein, *Glaucidium noctua,* „dise unsere Steinkutzlin seynd den italianischen kutzlinen änlich".

Weiter sagt Gessner: „Ich verston auch, daß bey uns auff ein zeyt ein alter Kutz, in der grösse einer Lerchen gefangen und umb 19 Costentzer batzen verkaufft seye." Wahrscheinlich ist dies die Sperlingseule, *Glaucidium passerinum,* da er sie in deutlichen Gegensatz bringt zur Zwergohreule, *Pisorhina scops,* „bey uns Tschafytle genannt."

Die Nacht- oder Schleiereule, *Strix flammea,* hat er „gesähen".

Die „Wannenweher“, Turmfalken, *Tinnunculus tinnunculus,* „werdend vil im Schweytzerland gefunden“.

Zu Eschers kleinen Fälklein darf man wohl die zwei Falkenarten zählen, die Gessner erwähnt und von denen wenigstens der „Stain“- oder Baumfalk als unser Lerchenfalke, *Falco subbuteo,* erkennbar ist; er hat ihn auch „in henden gehebt“.

Den „Rappen“ führt auch das Tierbuch unter diesem Namen und als „wolbekannten“ Vogel an. „Wir habend etwan mit rauwem fleisch und brot, in wasser befeuchtiget, gespeyßt.“ Dies ist der Kolkrabe, *Corvus corax,* die „Kräye“ dagegen unsere gemeine Rabenkrähe, *C. corone.* Als Beweis ihres Vorkommens um Zürich um 1550 diene folgendes Zitat: „Ich hab etwan von einem freund, so auff dem land wonet, gehört, daß er mer dan zähen jar ein par Kräyen zu einer gewissen zeyt im jar all tag zu seinem hauß fliegen gesähen hat, daß es daselbst speyß, so im fürgeworffen worden, gnommen“.

Die „Nebelkräy — *C. cornix* — wirt bey uns im Wolffsmonat gefangen“. Sie muss also damals häufig gewesen sein. Der Wolffsmonat ist wahrscheinlich der Dezember.

Die „Ägersten, Azeln“ sind die Elstern, *Pica pica.* „Disen vogel isset man nit: allein die jungen auß dem näst genommen, werdend etwan zur speyß gebraucht“.

Die „Dornägersten“, die „Thornträer“ Gessners heissen jetzt grosse Würger, *Lanius excubitor.* „Unsere Thornträer wonend stäts in stauden und brüschen.“ Schon damals hiess er auch Neuntöter. Übrigens kennt Gessner ausser diesem noch 2 verwandte „gschlächter“. Die Stelle: „Das ander gschlächt heissend die unsern den kleinern Thornträer, von gstalt, farb und anmut dem vorigen gleych aber nit grösser denn ein Finck oder Spatz“ bezieht sich offenbar auf *L. minor.* Was endlich über den „Würkengel“ gesagt ist, deutet darauf hin, dass auch der rotrückige Würger, *L. collurio,* nicht fehlte.

Den „Guggauch“, Kuckuck, *Cuculus canorus,* hört man „bey uns vast biß auff St. Johanstag im Sommer. Wenn man sy aber härnach weyter hört, verhofft man dasselbig jar einen sauren Zürichweyn“. Auch die „Tullen“, Dohlen, *Lycus monedula,* kamen hier vor: „Bey uns laßt man etwan einen an einem seyl zu einer großen beyen an einem thurn hinab, daß er die Tulen außnemme und in einen sack, so er an im hat, stossen könne, dieselbigen in der speyß zu nutzen“.

Die Böhmerlein, „Behemle oder Seydenschwantz werdend sälten gesähen“; es ist *Ampelis garrulus.*

Die böhmische Hätzlen oder Roller entspricht der Blauracke, *Coracias garrula;* bei Gessner deutet nichts darauf hin, dass er sie aus unserm Gebiet kannte.

Vom Totenvögelein berichtet Gessner: „es wirt etwan ein kleins vögelin umb unsere statt gefangen . . . unsere weidleut heissend diß ein Todtenvögelin". Das ist offenbar der gefleckte Fliegenschnäpper, *Muscicapa atricapilla.* „Das wirt im Augsten und Herbstmonat gefangen".

Das Thütscherlein heisst im Tierbuch auch „Schösserle, Tschütscherlin oder Stockhenfling" und entspricht nach seiner Darstellung dem Bluthänfling, *Acanthis cannabina.* „Es wirt bey uns sälten gefangen . . . sy fliegend scharweyß dahär".

Soweit die Vergleichung der Ornis des Zürichsees nach Escher mit derjenigen, die sich bis jetzt aus dem Tierbuch ergeben. Selbstverständlich macht der erstgenannte Beobachter nicht Anspruch darauf, ein vollständiges Verzeichnis der ihm von diesem Gebiet bekannten oder überhaupt vorhandenen Arten zu geben; offenbar wollte er nur die häufigsten und eine Anzahl von bemerkenswerten Formen namhaft machen. Anders Gessner, der als Naturforscher seine gesamten Kenntnisse und Beobachtungen der Nachwelt überliefern will; daher müssen aus seinem Werke eine Reihe von Arten nachgetragen werden. Dies soll nun, dem Tierbuch folgend, mit allen geschehen, die er nicht nur aus zürcherischem, sondern überhaupt aus dem Schweizerlande anführt.

Da vernehmen wir: „Vor etlichen jaren hab ich einen Adler, so im Zürychgebiet gefangen und in die statt getragen, gesehen . . Es sind auch im Schweytzerland in einem Dorff Hofstetten genant, so im Soloturnerbiet gelägen, zwen jung Adler gefangen worden, welche diser vorgenanten beschreybung gantz gleych gewesen . . . Dise gattung der Adleren sol auch nit weyt von Genff gefangen werden . ." Leider lässt sich da nicht ganz sicher entscheiden, ob es sich um den schmutzigen Aasvogel, *Neophron percnopterus*, oder um den Gänsegeier, *Gyps fulvus*, handelt. Für erstern stimmt der Besitz von gelben Füssen und eines am Grunde gelben, an der Spitze schwarzen Schnabels, für letztern die Angabe, dass der „Kragen" zwischen den Flügeln liege, und die Beschreibung des Gefieders, weiter der Umstand, dass von ersterem ein Exemplar über einen Monat gehalten worden war. „Er ist unsern weydleuten unbekannt, auch nie, daß ich wüß, bey uns gefangen. Aber im 1551. jar den 29. Herbstmonats, do ein ungwonter schnee fiel, do ist ein sölicher vogel mit schwären und nassen flügeln an ein kleins aabers unnen offens örtli an eines burgers hauß hinabgefallen".

Da das Tier auch ganz gut abgebildet ist, so kann dessen Zugehörigkeit zum Aasgeier nicht zweifelhaft sein. Dagegen lässt sich daraus wohl schliessen, dass die erst angeführte Art von dieser letztern verschieden ist — die Uebereinstimmung wäre ja Gessner sicher nicht

entgangen — und demnach die Entscheidung für sie auf den Gänsegeier fallen muss. Da beide Geier als südeuropäische Arten jetzt noch in der Westschweiz, wenn auch selten, beobachtet werden, so besteht für beide die gleiche Wahrscheinlichkeit, dass sie gelegentlich ihre Streifzüge bis in die Nord- und Ostschweiz ausdehnten. Sie hatten ja wohl auch Gelegenheit, in unsern Gegenden Aas zu finden, das ihre Nahrung bildet.

Der „Adler, so man in den Pündten, den höchsten bergen deß Schweytzerlandes findet," ist sicher der Steinadler, *Aquila chrysaëtus*.

Auch der Fischadler, *Pandion haliaëtus,* muss am Zürichsee um 1550 nicht unbekannt gewesen sein, denn Gessner sagt von ihm: „Unsere fischer thund under das fischaaß schmaltz von disem vogel: denn also vermeinend sy, sölle die speyß krefftiger seyn."

Vom Lämmergeier, *Gypaëtus barbatus,* ist an mehreren Stellen die Rede. Wahrscheinlich hat man als solchen anzusprechen, „von dem mir auff ein zeyt ein guter freund auß dem verrümpten rot der Eydgnoschafft Glaris zugeschrieben hat" und der als Stein- oder Beinbrächer verzeichnet ist. Unter „mancherley Adleren" steht: „In etlichen Alpen deß Schweytzerlands, als bey der statt Chur, in Pündten gelägen, und bey der statt Lucern, ist ein geschlächt eines Adlers, welchen sy, von wägen dz er die lämmer raubet, Lammerzig nennend." Das dürfte wiederum auf den Lämmergeier zu deuten sein, der unter dem Titel „Gyr, Goldgyr" ganz gut abgebildet und beschrieben ist. Dazu heisst es weiter: „Es wirt in Schweytzeralpen ein Gyr gefunden, welchen sy von der roten brust wägen ein Goldgyren nennend . . . Gar weysse Geyern findt man auch im Schweytzergebirg umb Glaris."

Die Alpendohle, *Pyrrhocorax pyrrhocorax*, „nennend die Walliser ein Alprappen; im Glarnerland wirt er ein Alpkachlen oder wilde Tulen genennt, in Pündten ein Tahen." Das bündnerische „Tuhengschlächt" mit rotem „schnabel und füssen" ist offenbar die Alpenkrähe, *P. graculus*.

Auch die Saatkrähe, *Corvus frugilegus,* ist im Vogelbuch, aber ohne Ortsangabe, deutlich beschrieben.

Der Gessnersche, *Passer solitari,* „der allein auß Italia oder auß den Pündten kumpt," ist wohl *Monticola saxatilis*, die Steinmerle. *Monticola cyanus* die Blaumerle, scheint als „Blawvogel" beschrieben zu sein; „er hat seyn wonung auff den höchsten alpen".

Den Brachvogel, *Numenius arcuatus,* hat Gessner „in den henden gehept"; er wird also wohl der zürcherischen Ornis zuzurechnen sein. „Bey dem Bodensee nennend sy ein Grüy"; offenbar seiner Stimme wegen.

Den Ziegenmelker, *Caprimulgus europaeus*, hat Gessner nicht selber gesehen; er zitiert darüber *Turnerus*, demzufolge er im „Schweytzergebirg“ häufig gewesen wäre. *Anas querquedula*, die Knäckente, von Gessner als *Anas circia*, Birkilge bezeichnet, „findt man auch, als ich vermein in unsern seehen der Eidgnoschafft. Dann ich hab unlangist im anfang deß Jenners ein gesehen.“

Die Bergente, *Fuligula marila*, dürfte die als „Breitschnabel“ beschriebene unsere sein. Was er unter „Baumganß“ versteht, ist schwer zu sagen, und seine „Muggente“ ist wohl das Weibchen einer unserer Entenarten.

„*Anatem cirrhatam* nennend die unsern ein Vollenten,“ deren Gefieder mit dem der Reiherente, *Fuligula fuligula*, übereinstimmt; sie wird demnach auch im Zürichsee sich eingefunden haben, was übrigens auch Escher bezeugt.

Eine Ente „ward mir am kläb gefangen zugebracht . . . diser wirt bey uns etwann umb den winter gefangen.“ Dieser „grössere Langschnabel oder Gann“ ist der grosse Säger, *Mergus merganser*. Das Männchen dieses Vogels ist auch als Meerrach aufgeführt: „er wirt zu winterszeyt etwan in unserm see, doch sälten, gefangen.“

„Ich hör, dass man auch weyß Gyfitzen finde: item on streuß, als ich auch etwan graw und mit fläcken gesprengt zu Brugk im Schwytzerland gesähen hab“; wahrscheinlich handelt es sich hier um den Kiebitz-Regenpfeifer, *Squatarola squatarola*.

Von den 12 „Wasserhühnlinen, so umb Strassburg gefangen werdend“, ist wenigstens der Halsbandregenpfeifer, *Charadrius hiaticula*, zu bestimmen; er hat also damals der Schweiz sicher auch angehört.

Unter den „Habichen“ sagt das Tierbuch: „Es werdend auch in den Schweytzeralpen gar vil, und die gantz groß und starck gefangen, und fürauß in dem berg Calanda in Pündten gelägen.“ Leider lässt sich nicht sagen, welcher Raubvogel damit gemeint ist, wahrscheinlich immerhin der Hühnerhabicht, *Astur palumbarius*.

Vom Haselhuhn, *Tetrao bonasia*, gibt Gessner keinen genauen Standort an; dagegen ist es ihm wohlbekannt. Er hat es auch „selbs gesähen.“ Sicher war es damals in den Alpen keine Seltenheit.

Ebenso hat er einen Kranich, *Grus grus*, „besähen, war ein weyblein.“ Die weitere Angabe: „Die Kränch kommend zu uns auß vernen landen . . . gegen dem winter,“ deutet darauf hin, dass sie bei uns wohl nicht gerade zu den Seltenheiten gehörten.

Die Haubenlerche, *Galerida cristata*, „wird bey den Teutschen Heubellerch, Kobellerch und Wäglerch genennet, darumb dass es offt an den fußwägen gesähen wirt“. Leider fehlt auch hier eine genauere

Ortsangabe. Sie fand sich also schon damals stellenweise in deutschen Gebieten vor.

Der Löffler, *Platalea leucorodia*, „wirt sälten bey uns gefangen . . . Der, so bey uns, nit weyt von der statt, am gstad deß sees gefangen worden, ist mir vast im außgang des Herbstmonats zugebracht worden."

Vom „Schösserle, Stockhenfling", dem Birkenzeisig, *Acanthis linaria*, sagt er, dass er „bey uns sälten gefangen wirt."

Gessners „Stern", der „etwan mit kläbruten in unserer Limmat gefangen wirt", ist *Sterna hirundo*, die Flusseeschwalbe.

Vom „Kobelmeißlin", der Haubenmeise, *Parus cristatus*, ist kein Standort angegeben.

Das Tierbuch enthält auch die Abbildung eines „Onvogels, so in der Eydgnoschafft bey Zug gefangen worden"; es ist der Pelikan, *Pelecanus onocrotalus*, der seither in der Schweiz nicht wieder aufgetreten zu sein scheint.

Charadrius pluvialis, den Goldregenpfeifer, haben wir Grund, in dem von Gessner als Pulvier verzeichneten Vogel zu erblicken; „der ist in der Eydgnoschafft unbekannt und wirt sälten gefunden".

Das „Rothun", unser Steinhuhn, *Caccabis saxatilis*, „wirt in Walliseralpen, Rhetieralpen gefunden".

Vom *Geronticus eremita*, dem Waldrappen, heisst es: „Er wirt auch bey uns in etlichen hohen schrofen bey dem bad Pfäfers gefunden." Gessner hat ihn auch aufgeschnitten. Das Tier ist in Europa vollständig verschwunden.[1])

Sein „Rotschwentzel", das er von Strassburg angibt, ist sicher auch in unserm Gebiet vorgekommen; die Beschreibung stimmt für die Dorn- oder Gartengrasmücke, *Sylvia sylvia* oder *S. simplex*.

Der „Steinrötel", *Monticola saxatilis*, „wirt underweylen in Pündten, doch sälten, umb Chur gefangen und umb ein groß gält verkaufft".

„Unsere weidleut nennend ein Rötelegschlächt Katschrötele", das bei den dürftigen Angaben unmöglich näher bestimmt werden kann.

Das Schneehuhn, *Lagopus mutus*, „wirdt gemeinlich im Alpengebirg gefunden"; ein solches ist auch das als Steinhuhn beschriebene Tier.

Der „von den unsern Ringelspatz genennt wirt", ist der Feldsperling, *Passer montanus*.

Den „Gersthammer", Grauammer, *Miliaria calandra*, begleitet leider keine Ortsangabe.

---

[1]) Hierüber siehe auch: Killermann, der Waldrapp Gessners (*Geronticus eremita*). In: Zool. Annal. Bd. IV 1911, S. 268 u. ff.

„Das vögelin, so hie für den Rhynschwalmen verzeichnet ist, der nistet gwüßlich an holen gstaden deß Rhyns“; das ist nichts anderes als die Uferschwalbe, *Clivicola riparia.*

Sein Rorspatz ist der Rohrammer, *Emberiza schœniclus;* auch hier haben wir keinen Ort verzeichnet.

Die Heckenbraunelle, *Accentor modularis,* „nennend unsere weidleut Prunelle, von irer dicken ziegelfarb.“

Gessners „Rinnenkläber, Baumkletterlin, — wir habend es auff dem rugken gantz weyß gesähen“, ist der Baumläufer, *Certhia familiaris.*

Vom „schwartzen Storcken“, *Ciconia nigra,* berichtet er: . . . so offt im Schweytzergebirg, umb Einsiedeln, Lucern, bey dem fluß Töß und anderschwo gefunden wirdt . . . Der, welcher im anfang deß Herbstmonats yhenseyt, dem Albis nit weyt von unserer statt gefangen worden . . .“

Der Triel, *Oedicnemus œdicnemus,* ist ihm ebenfalls vom Zürichsee bekannt: „Ich hör, daß er sich etwan auff unserem see, do er überfroren gewäsen, mit den henden habe fahen lassen.“ [1])

„In Pündten wirt ein Tulengschlächt Taha genennt“; das ist die Alpenkrähe, *Pyrrhocorax graculus.*

„In etlichen Schweytzeralpen, als um Zug wirt ein Tulengschlächt gefunden . . . mit weyssem ring umb den halß“; es ist unmöglich zu sagen, was das für ein Vogel sein möchte.

Als *Syrnium aluco,* Waldkauz, ist wohl der „Ül“ zu deuten, den Gessner„ gesähen“; wahrscheinlich stammt das Tier aus Zürichs Umgebung und haben ihm auch die Wiesenrallen, *Crex crex,* „Wachtelkünig“ aus unserm Gebiet zur Beobachtung vorgelegen.

Bei dem „Wägfläcklin“ kann es sich um nichts anderes als um das weissternige Blaukehlchen, *Erithacus cyaneculus,* handeln.

Das „Wydengückerlin“, der Weidenlaubsänger, *Phylloscopus rufus,* „wirdt bey uns zu zeyten gefangen und ein Wyderle genennt“.

Die „Wydhopffen“, *Upupa epops,* „sind bey den Teutschen gantz gmein“; wir dürfen ihn also wohl auch für unser Gebiet ansprechen.

Um welche Raubvögel es sich bei Gessners „Wyen“ handelt, lässt sich nicht feststellen.

Endlich zu Schinz, der Kanton Zürich in naturgeschichtlicher und landwirtschaftlicher Beziehung. Leider ist auch seine Aufzählung der Vögel dieses Gebietes nicht vollständig, wie er selbst andeutet; denn er nennt deren nur 167, während er ihre Zahl auf 220 angibt. Immerhin hat er sicher alle Formen berücksichtigt, die das

---

[1]) Letztere Angabe stimmt allerdings nicht für den Triel; dagegen sprechen Abbildung und Beschreibung ganz für diesen Vogel.

Bild des Vogellebens in diesem Gebiete auch für den weniger aufmerksamen Beobachter beeinflussen und nur die seltensten und am wenigsten auffallenden Erscheinungen beiseite gelassen. Eine vollständige Darstellung der Ornis unserer engeren Heimat fehlt also bis heute; und doch wäre sie als Dokument für spätere Zeiten, zur Feststellung der sich ereignenden Veränderungen von grossem Werte. Da und dort hat Schinz auch keine Angaben über die Häufigkeit, ganz selten solche über die Standorte.

In der folgenden Tabelle sind alle seine Arten auch dem Zürichseegebiet zugeschrieben worden; und wohl mit Recht, denn die Zahl der Vögel, die in andern Kantonsteilen, nicht aber in dessen Umgebung auftreten, ist verschwindend klein.

Da der Zweck der vorliegenden Arbeit darin besteht, so weit als möglich an Hand geschichtlicher Urkunden die Veränderungen festzustellen, die unsere Vogelwelt im Laufe der Zeiten erfahren hat, sind auch keine weitern als die von Gessner, Escher und Schinz bereits beobachteten Formen mit in die Vergleichung einbezogen worden.

In der Übersicht auf S. 497 u. ff. sind die von Gessner und Escher angeführten Arten mit einem Kreuz (+) bezeichnet; es ist unterstrichen (±) bei denen, die regelmässig dem Fang unterlagen. Wo bei Gessner' und Escher'schen Angaben ein Fragezeichen vorgesetzt ist (?+), soll damit angedeutet sein, dass dieser Forscher die betreffende Art nicht ausdrücklich für unser Gebiet erwähnt, sie ihm aber mit grösster Wahrscheinlichkeit angehörte; das Fragezeichen ist nachgesetzt, wo die Artzugehörigkeit fraglich erscheint.

Von den 188 Arten der Übersicht führt Gessner 142, Escher 107, Schinz 167 auf; d. h. sie umfasst fast die gesamte Ornis unseres Gebietes.

Daraus ergibt sich, dass seit dem 16. Jahrhundert bei uns verschwunden sind: die Nachtigall, die Ringdrossel, der Schneeammer, der Zitronenzeisig, der Kolkrabe, der schwarzstirnige Würger, die Blaurake, die Sperlingseule, der Würgfalke, der schmutzige Aasgeier, das Birkhuhn, der grosse Silberreiher, der Seidenreiher, der schwarze Storch, der Löffler, die grosse Trappe, die Zwergtrappe, die Kragentrappe, der Säbler, der Singschwan, der Pelikan = 21 Arten.

Nur seit Schinz, also seit etwa 70 Jahren, sind unserm Gebiete fremd geworden: Die Nachtigall, die Ringdrossel, der Zitronenzeisig, der Kolkrabe, der grosse Silberreiher, der Seidenreiher, der schwarze Storch, die grosse Trappe, die Zwergtrappe, die Kragentrappe, der Singschwan = 11 Arten. Der Rückgang, d. h. das Schwinden von Arten ist in den letzten Jahrzehnten in beschleunigtem Tempo erfolgt. Leider ist es unmöglich, an Hand der früheren Beobachtungen den allmählichen Rückgang genau festzustellen.

	1557	1692	1842	1910
Singvögel.				
Nachtigall, *Erithacus luscinia* L.	? +	+	fast unbek.	—
Rotkehlchen, *E. rubeculus* L.	+	+	allbekannt	häufig
Blaukehlchen, weissstern., *E. cyaneculus Wolf*[1]	+	+ ?	?	a. d. Zug nicht selt.
Hausrötling, *E. titys* L.	—	—	häufig	häufig
Gartenrötling, *E. phoenicurus* L.	+	—	?	häufig
Heckenbraunelle, *Accentor modularis* L.	+	—	?	da und dort
Braunkehl. Wiesenschmätzer, *Pratincola rubetra* L.	+	±	häufig	häufig
Amsel, *Turdus merula* L.	+	±	überall	häufig
Ringdrossel, *T. torquatus* L.	+	±	zuweilen	—
Singdrossel, *T. musicus* L.	±	±	überall	häufig
Wachholderdrossel, *T. pilaris* L.	±	±	in Scharen überwint.	häufig
Rotdrossel, *T. iliacus* L.	+	±	?	selten
Misteldrossel, *T. viscivorus* L.	+	±	nicht selten	nicht häufig
Gartenspötter, *Hypolais philomela*	—	—	„ „	nicht selten
Teichrohrsänger, *Acrocephalus streperus Vicill.*	—	—	„ „	häufig
Weidenlaubvogel, *Phylloscopus rufus Bchat.*	+	—	„ „	„
Fitislaubvogel, *Ph. trochilus* L.	—	—	„ „	„
Mönchsgrasmücke, *Sylvia atricapilla* L.	? +	+	„ „	nicht selten
Dorngrasmücke, *S. sylvia* L.	+	—	„ „	„ „
Gartengrasmücke, *S. simplex Sath.*	—	—	„ „	„ „
Zaunkönig, *Anorthura troglodytes* L.	+	+	nicht selten	zieml. häufig
Wasseramsel, *Cinclus aquaticus* L.	+	+	da und dort	vereinzelt
Gelbköpf. Goldhähnchen, *Regulus regulus* L.	±	+	nicht selten	zieml. häufig
Feuerköpf. „ *R. ignicapillus Tem.*	±	? +	?	seltener
Schwanzmeise, *Aegithalus caudatus* L.	+	+	truppweise	truppweise
Kohlmeise, *Parus major* L.	±	+	gemein	gemein
Tannenmeise, *P. ater* L.	±	+	nicht selten	nicht selten
Blaumeise, *P. coeruleus* L.	±	+	bekannt	häufig
Sumpfmeise, *P. palustris* L.	±	+	bekannt	häufig
Haubenmeise, *P. cristatus* L.	? +	—	kommt vor	vereinzelt
Kleiber, *Sitta europaea* L.	+	±	nicht selten	nicht selten
Baumläufer, *Certhia familiaris* L.	+	—	nicht selten	nicht selten
Mauerläufer, *Tichodroma muraria* L.	+	±	?	vereinzelt
Feldlerche, *Alauda arvensis* L.	±	±	allenthalben	häufig
Haubenlerche, *Galerida cristata*, L.	? +	—	im Winter	ständig, vereinzelt
Wasserpieper, *Anthus spinoletta* L	+	+	überwinternd	nicht selten i. Wint.
Baumpieper, *Anthus trivialis* L.	—	—	nicht selten	nicht selten
Weisse Bachstelze, *Motacilla alba* L.	+	+	häufig	häufig
Graue Bachstelze, *M. boarula* L.	+	+	häufig	seltener
Gelbe Bachstelze, *Budytes flavus* L.	—	—	nicht selten	auf dem Durchzug
Grauammer, *Miliaria calandra* L.	? +	—	?	vereinzelt
Goldammer, *Emberiza citrinella* L.	+	±	häufig	häufig
Rohrammer, *E. schoeniclus*	? +	—	häufig	zieml. häufig
Schneeammer, *Plectrophanes nivalis* L.	? +	—	?	

[1]) Das viel seltener vorkommende rotsternige Blaukehlchen ist hier mit dem weisssternigen zusammen genommen (wie bei Schinz).

	1557	1692	1842	1910
Kreuzschnabel, *Loxia curvirostra* L. .	±	+	zuweilen	zuweilen
Gimpel, *Pyrrhula pyrrhula* L. . .	±	±	gemein	nicht selten
Kernbeisser, *Coccothraustes coccothraustes* .	±	±	nicht selten	nicht gerade selten
Girlitz, *Serinus serinus* L.	±	+	erst seit 2-3 Jahren	nicht häufig
Erlenzeisig, *Chrysomitris spinus* L. . .	? ±	+	häufig	auf d. Strich
Zitronenzeisig, *Ch. citrinella* . . .	+	+	durchziehd.	—
Stieglitz, *Carduelis carduelis* L. . .	+	+	häufig	häufig
Bluthänfling, *Acanthis cannabina* L. .	±	—	häufig	nicht häufig
Birkenzeisig, *A. linaria* L. . . .	±	—	oft sehr häufig	nicht häufig
Buchfink, *Fringilla coelebs* L. . . .	+	±	häufig	gemein
Bergfink, *F. montifringilla* L. . . .	+	±	i. Herbst in Scharen	im Wint. in Scharen
Grünfink, *Chloris chloris* L. . . .	+	±	nicht selten	häufig
Haussperling, *Passer domesticus* L. . .	+	±	sehr gemein	sehr gemein
Feldsperling, *P. montanus* L. . . .	+	—	gemein	gemein
Star, *Sturnus vulgaris* L.	+	±	gemein	gemein
Pirol, *Oriolus oriolus* L	+	±	nicht selten	nicht selten
Tannenhäher, *Nucifraga caryocatactes* L. .	? +	±	zuweilen	Selten auf d. Strich
Eichelhäher, *Garrulus glandarius* L. . .	+	±	gemein	gemein
Elster, *Pica pica*	+	+	gemein	seltener
Dohle, *Lycus monedula* L. . . .	±	+	hie und da	hie und da
Kolkrabe, *Corvus corax* L. . . .	+	+	selten	—
Krähenrabe, *C. corone* L.	+	+	gemein	gemein
Nebelrabe, *C. cornix* L.	±	+	Wintergast	vereinz. Wintergast
Saatrabe, *C. frugilegus* L.	—	—	Im Herbst u. Wint.	vereinz. Wintergast
Grosser Würger, *Lanius excubitor* L. .	+	+	nicht selten	nicht selten
Rotköpfiger Würger, *L. senator* L. . .	—	—	nicht selten	nicht selten
Rotrückiger Würger, *L. collurio* L. . .	+	—	allenthalben	häufiger
Schwarzstirniger Würger, *L. minor* L. .	+	—	?	—
Gefl. Fliegenschnäpper, *Muscicapa grisola* L.	—	—	häufig	zieml. häufig
Schwarzgrauer Fliegenschnäpper, *M. atricapilla* L.	+	+ ?	wenig bekannt	seltener
Seidenschwanz, *Ampelis garrulus* L. . .	+	+	zuweil. in Scharen	zuweilen
Rauchschwalbe, *Hirundo rustica* . .	+	+	überall	überall
Hausschwalbe, *Chelidonaria urbica* L. .	+	+	überall	überall
Uferschwalbe, *Clivicola riparia* L. . .	? +	—	da und dort	da und dort
Schwirrvögel.				
Mauersegler, *Apus apus* L. . . .	+	+	gemein	gemein
Gem. Tagschläfer, *Caprimulgus europaeus* L.	—	—	selten	selten
Spechtartige.				
Grünspecht, *Picus viridis* L. . . .	+	±	gemein	zieml. häufig
Grauspecht, *P. canus* L.	—	—	gemein	zieml. selten
Schwarzspecht, *Dryocopus martius* L. .	+	±	vorkommend	zieml. selten
Gross. Buntspecht, *Dendrocopus leuconotus* L.	+	±	„	zieml. häufig
Mittlerer Buntspecht, *D. medius* L. . .	+	±	„	recht selten
Kleiner Buntspecht, *D. minor* L. . .	+	±	„	nicht häufig
Wendehals, *Iynx torquilla* L. . . .	+	+	nicht selten	nicht selten

	1557	1692	1842	1910
Eisvogel, *Alcedo hispida* L.	+	+	nicht selten	seltener
Blauracke, *Coracias garrula* L.	? +	+	?	—
Wiedehopf, *Upupa epops* L.	? +	—	nicht selten	selten
Kuckuck, *Cuculus canorus* L.	+	+	häufig	zieml. häufig
Raubvögel.				
Schleiereule, *Strix flammea* L.	+	+	selten	selten
Steinkauz, *Glaucidium noctua* Retz.	+	+	vielleicht	selten
Sperlingseule, *G. passerinum* L.	+ ?	—	?	—
Waldkauz, *Syrnium aluco* L.	? +	—	sehr gemein	nicht häufig
Zwergohreule, *Pisorhina scops* L.	+	—	?	sehr selten
Waldohreule, *Asio otus* L.	—	—	sehr gemein	zieml. häufig
Sumpfohreule, *A. accipitrinus Fall.*	—	—	auf d. Zug	auf d. Zug
Uhu, *Bubo bubo* L.	+	+	nicht häufig	selten
Wanderfalk, *Falco peregrinus* L.	? +	—	?	selten
Würgfalk, *F. sacer*	+	—	?	—
Lerchenfalk, *T. subbuteo* L.	+	+ ?	nicht häufig	nicht gerade selten
Merlinsfalk, *F. aesalon* Turnst.	+ ?	—	selten	selten
Turmfalk, *Tinnunculus tinnunculus*	+	+	zieml. häufig	im Seegebiet selten
Roter Milan, *Milvus milvus* L.	—	—	häufig	selten
Wespenbussard, *Pernis apivorus* L.	—	—	nicht selten	zieml. selten
Flussadler, *Pandion haliaëtus* L.	+	+	ständig	zuweilen
Seeadler, *Haliaëtus albicillus* L.	+	? +	zuweilen	sehr selten
Bussard, *Buteo buteo* L.	±	+	gemein	häufig
Rauhfussbussard, *Archibuteo lagopus Brünn.*	—	—	selten	nur im Winter
Sperber, *Accipiter nisus* L.	+	+	häufig	häufig
Hühnerhabicht, *Astur palumbarius* L.	—	+	nicht selten	selten
Kornweihe, *Circus cyaneus* L.	—	—	zuweilen	selten
Schmutziger Aasgeier, *Neophron percnopterus* L.	+	—	—	—
Gänsegeier, *Gyps fulvus* L.	? +	—	—	—
Girrvögel.				
Ringeltaube, *Columba palumbus* L.	+	+	häufig	häufig
Hohltaube, *C. oenas* L.	+	+	häufig	selten
Turteltaube, *Turtur turtur* L.	+	+	selten	selten
Scharrvögel.				
Birkhuhn, *Tetrao tetrix* L.	+	+	?	—
Auerhuhn, *T. urogallus* L.	+	+	Lägern	i. Seegeb. ganz selt.
Wachtel, *Coturnix coturnix* L.	±	±	nicht selten	als Standvogel selt.
Rebhuhn, *Perdix perdix* L.	±	±	überall	nicht häufig
Schreitvögel.				
Fischreiher, *Ardea cinerea* L.	+	+	häufig	selten
Purpurreiher, *A. purpurea* L.	+	? +	selten	recht selten
Grosser Silberreiher, *Herodias alba* L.	—	—	sehr selten	—
Seidenreiher, *H. garzetta* L.	—	? +	selten	—

	1557	1692	1842	1910
Rallenreiher, *Ardeola ralloides* Scop.	—	—	selten	sehr selten
Kleine Rohrdommel, *A. minuta* L.	—	—	nicht selten	zieml. selten
Grosse Rohrdommel, *Botaurus stellaris* L.	+	+	nicht selten	selten
Nachtreiher, *Nycticorax nycticorax* L.	? +	—	zuweilen	sehr selten
Weisser Storch, *Ciconia ciconia* L.	+	+	selten	i. Seegebiet selten auf d. Zug
Schwarzer Storch, *C. nigra* L.	+	—	sehr selten	—
Löffler, *Platalea leucorodia* L.	+	—	—	—
Laufvögel.				
Grosse Trappe, *Otis tarda* L.	+	+	zweimal	—
Zwergtrappe, *O. tetrax* L.	—	—	bisweilen	—
Kragentrappe, *Houbara macqueeni* Gray	—	—	zweimal	—
Kranich, *Grus grus* L.	+	—	zuweilen	sehr selten
Wachtelkönig, *Crex crex* L.	+	—	nicht selten	nicht selten
Wasserralle, *Rallus aquaticus* L.	—	—	nicht selten	nicht selten
Wasserhuhn, *Fulica atra* L.	±	+	selten häufig	häufig
Gemeines Teichhuhn, *Gallinula chloropus* L.	±	±	nicht selten	nicht selten
Gespr. Sumpfhuhn, *Ortygometra porzana* L.	—	—	vorkommend	nicht häufig
Kleines Sumpfhuhn, *O. parva* Scop.	—	—	vorkommend	selten
Kibitz, *Vanellus vanellus* L.	±	±	nicht selten	zieml. häufig
Goldregenpfeifer, *Charadrius pluvialis* L.	? +	—	zuweil. zieml. häuf.	selten (auf d. Zug)
Triel, *Oedicnemus crepitans* L.	+	—	selten	selten
Säbler, *Recurvirostra avosetta* L.	+	+	?	—
Grosser Brachvogel, *Numenius arcuatus* L.	+	—	oft in Scharen	nicht häufig
Regenbrachvogel, *N. phaeopus* L.	—	—	selten	selten
Gemeine Bekassine, *Gallinago gallinago* L.	±	+	nicht selten	zieml. häufig
Kleine Sumpfschnepfe, *G. gallinula* L.	—	—	nicht selten	nicht gerade selten
Grosse Sumpfschnepfe, *G. major* G.	±	±	selten	selten
Waldschnepfe, *Scolopax rusticula* L.	—	—	nicht selten	nicht häufig
Zahnschnäbler.				
Höckerschwan, *Cygnus olor* L.	+	? +	?	?
Singschwan, *C. cygnus* L.	+	? +	selten	—
Graugans, *Anser anser* L.	+	+	sehr selten	selten
Saatgans, *A. fabalis* L.	+	? +	nicht selten	selten (auf d. Zug)
Stockente, *Anas boschas* L.	±	+	überall	häufig
Mittelente, *A. streperus* L.	—	—	durchziehend	sehr selten
Krickente, *A. crecca* L.	+	+	häufig	nicht häufig
Knäckente, *A. querquedula* L.	+	—	oft in Scharen	nicht häufig
Pfeifente, *A. penelope* L.	—	—	durchziehend	selten
Spitzente, *Dafila acuta* L.	—	—	"	selten
Löffelente, *Spatula clypeata* L.	—	—	"	sehr selten
Reiherente, *Fuligula fuligula* L.	+	+	sehr gemein	nicht selten
Bergente, *F. marila* L.	+	—	gemein	selten
Schellente, *F. clangula* L.	+	+	häufig in Scharen	nicht selten
Tafelente, *F. ferina* L.	+	+	gemein	nicht selten
Eiderente, *Somateria mollissima* L.	—	—	sehr selten	sehr selten
Samtente, *Oidemia fusca* L.	? +	—	gemein	sehr selten

	1557	1692	1842	1910
Kleiner Säger, *Merganser albellus* L.	±	+	zieml. häufig	nicht gerade selten
Mittlerer Säger, *M. serrator* L.	—	—	zieml. gemein	selten
Grosser Säger, *M. merganser* L.	±	—	nicht gemein	selten
Ruderfüssler.				
Pelikan, *Pelecanus onocrotalus* L.	+	—	—	—
Kormoranscharbe, *Phalacrocorax carbo* L.	±	+	?	sehr selten
Seeflieger.				
Flusseeschwalbe, *Sterna hirundo* L.	±	—	nicht selten	nicht selten
Schwarze Seeschwalbe, *Hydrochelidon nigra* L.	—	—	nicht selten	seltener
Lachmöve, *Larus ridibundus* L.	+	+	häufig	gemein
Sturmmöve, *L. canus* L.	—	—	zufällig	nicht gerade selten
Silbermöve, *L. argentatus* Brünn.	—	—	„	ganz selten
Dreizehenmöve, *Rissa tridactyla* L.	—	—	„	selten
Schmarotzerraubmöve, *Stercoraria parasitica* L.	—	—	„	selten
Taucher.				
Gross. Lappentaucher, *Colymbus cristatus* L.	±	+	früher gemein	zieml. häufig
Rothals-Lappentaucher, *C. griseigena* Bodd.	—	—	sehr selten	selten
Gehörnt. Lappentaucher, *C. nigricollis* Brehm	—	—	sehr selten	zufällig
Kleiner Lappentaucher, *C. fluviatilis* L.	+	+	nicht selten	nicht selten
Eisseetaucher, *Gavia torquata* Brünn.	—	—	nicht selten	selten
Polartaucher, *G. arctica* L.	—	—	kommt vor	selten
Nordtaucher, *G. lumme* Gunn.	—	—	kommt vor	selten

An Individuenzahl haben seit dem 16. resp. 17. Jahrhundert abgenommen: Die Wachholderdrossel, die Rotdrossel, die Wasseramsel, das feuerköpfige und das gelbköpfige Goldhähnchen, der Kleiber, der Mauerläufer, die graue Bachstelze, der Gimpel, der Girlitz, der Kernbeisser, der Erlenzeisig, der Bluthänfling, der Birkenzeisig, der Pirol, der Tannenhäher, die Elster, die Nebelkrähe, der Seidenschwanz, der Grünspecht, der Grauspecht, der Schwarzspecht, der grosse, mittlere und kleine Buntspecht, der Eisvogel, der Wiedehopf, der Waldkauz, die Waldohreule, der Uhu, der Turmfalke, der rote Milan, der Wespenbussard, der Flussadler, der Seeadler, der Bussard, der Hühnerhabicht, die Hohltaube, die Wachtel, das Rebhuhn, der Fischreiher, der Purpurreiher, der Rallenreiher, die kleine und die grosse Rohrdommel, der Nachtreiher, der Kranich, der Goldregenpfeifer, der grosse Brachvogel, die grosse Sumpfschnepfe, die Saatgans, die Krickente, die Knäckente, die Reiherente, die Bergente, die Schell- und Tafelente, die Samtente, der mittlere Säger = 59 Arten. Dabei ist angenommen, dass die Vögel, die nach Gessner und Escher gefangen wurden, damals häufig gewesen seien.

Seit Schinz sind sicher in geringerer Anzahl da: Die graue Bachstelze, der Gimpel, der Kernbeisser, der Erlenzeisig, der Bluthänfling, der Birkenzeisig, die Elster, der Grün-, der Grauspecht, der Eisvogel, der Wiedehopf, der Waldkauz, die Waldohreule, der Uhu, der Turmfalke, der rote Milan, der Wespenbussard, der Flussadler, der Seeadler, der Bussard, der Hühnerhabicht, die Hohltaube, die Wachtel, das Rebhuhn, der Fischreiher, der Purpurreiher, der Rallenreiher, die kleine und grosse Rohrdommel, der Nachtreiher, der Kranich, der Goldregenpfeifer, der grosse Brachvogel, die Saatgans, die Krickente, die Knäck-, Reiher-, Berg-, Schell-, Tafel-, Samtente, der mittlere Säger, der Eisseetaucher = 43 Arten.

Auch hier lässt sich also feststellen, dass der Rückgang in der letzten Zeitspanne sich besonders intensiv gezeigt hat; der Birkenzeisig, der Grün- und Grauspecht, der Waldkauz, die Waldohreule, der rote Milan, der Hühnerhabicht, die Hohltaube, die Wachtel und das Rebhuhn, der Fischreiher, die grosse Rohrdammel, der grosse Brachvogel, die Knäckente, die Berg-, Schell-, Samtente, 17 Spezies, sind von häufigen zu ziemlich oder ganz seltenen Arten geworden.

Diese Bewegung möge veranschaulicht werden durch folgende

Übersicht über den Rückgang der Arten, nach Ordnungen zusammengestellt:

	Ausgestorben		An Individuenzahl abgenommen	
	seit 1583 resp. 1692, im ganzen	seit 1842	seit 1583 resp. 1692, im ganzen	seit 1842
Sänger	6	4	19	7
Schwirrvögel	—	—	—	—
Spechtartige	1	—	8	4
Raubvögel	4	—	10	10
Girrvögel	—	—	1	1
Scheervögel	1	—	2	2
Schreitvögel	3	3	6	6
Laufvögel	4	3	4	3
Zahnschnäbler	1	1	9	9
Ruderfüssler	1	—	—	—
Seeflieger	—	—	—	—
Taucher	—	—	—	1
	21	11	59	43

Auf einzelne Arten mit grossem Rückgang sei noch besonders hingewiesen. Nach Escher waren zu seiner Zeit die wilden Tauben und Turteltauben in grosser Zahl, die Rietschnepfen massenhaft, die Blauracken und der Trauer-Fliegenschnäpper scharenweise vorhanden,

letztere zwei allerdings nur gelegentlich. Gessner zufolge gab es kleine Säger nicht minder als wilde Enten, war der Fischreiher gar gemein, stellte sich das gemeine Teichhuhn nach dem Heuet scharenweise ein, nistete der Blaufussfalke an vielen Enden des Schweizerlandes, war der Kolkrabe wohl bekannt. Alle diese Tiere sind bei uns teils verschwunden, teils selten geworden. Zu Gessners Zeiten scheint sich allerdings die Blauracke weniger häufig gezeigt zu haben als 100 Jahre später, sonst hätte er sie sicher nicht nur als einen Vogel angegeben, der in Strassburg bekannt ist.

Wenn also Schinz 1842 klagt: „Überhaupt kann kaum ein unter gleicher klimatischer Beziehung stehendes Land ärmer an Vögeln sein als der Kanton Zürich“ und 1837 in der *Fauna helvetica* konstatiert, dass die Vögel bei weitem nicht mehr so häufig seien wie früher, so haben wir allen Grund zu der Behauptung, dass seit Schinz die Verarmung unserer Ornis in ungeschwächtem Masse weiter fortgeschritten ist und offenbar im Begriffe steht, sich auch weiter geltend zu machen, sofern nicht die anderwärts und hier ins Leben gerufenen Massnahmen zur Erhaltung unserer Vogelwelt wirksam einsetzen.

Diese Tatsache ist um so bedenklicher, als der langen Liste der in ihrem Bestand reduzierten Arten keine oder sehr wenige gegenüberzustellen sind, wo Vermehrung sicher festzustellen wäre.

Abgesehen von den Irrgästen, deren Auftreten so wie so eine Zufälligkeit ist, hat man vielleicht nur Anlass, bei den Milanen, *Milvus milvus* und *korschun*, an eine in historischer Zeit erfolgte Einwanderung in unser Gebiet zu denken. Es ist nämlich auffällig, dass weder Gessner noch Escher ihrer erwähnen, trotzdem ihr Gabelschwanz sie in ganz charakteristischer Weise vor den übrigen Raubvögeln unterscheiden lässt. Bemerkenswert erscheint ferner, dass Schinz den letztern nicht erwähnt, trotzdem er gegenwärtig im Seegebiet häufiger auftritt, als ersterer, und da seinen regelmässigen Aufenthalt hat, ohne immerhin häufig zu sein. Der Schluss ist demnach gestattet, dass der schwarze Milan erst seit wenigen Jahrzehnten bei uns seinen Wohnsitz aufgeschlagen hat.

Eine weitere Bemerkung ist bezüglich des Hausrotschwanzes, *E. titis*, anzubringen. Was Gessner als „Hußrötelj“ bezeichnet, ist nach der Beschreibung unzweifelhaft unser Gartenrotschwanz, *E. phoenicurus*. Die Angabe über eine andere „Rotschwentzel“ stimmen nicht zu jenem; Gessner hat also den Hausrotschwanz nicht gekannt. Liegt dabei eine Zusammenfassung beider Arten seitens dieses Forschers vor oder ist er wirklich erst seither bei uns erschienen? Die Frage, für deren Beantwortung ein weiteres historisches Material bei-

gebracht werden müsste, sei hier nur aufgeworfen; ebenso die, wie es kommt, dass Gessner für unser Gebiet nur den Trauer-, nicht aber auch den gefleckten Fliegenschnäpper erwähnt.

An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass Gessner und Escher den Girlitz als ständigen Vogel unsers Gebietes anführen, während Schinz ihn erst seit kurzem eingewandert erklärt. Ob er wirklich eine Zeit lang verschwunden war oder nur nicht beachtet wurde?

Bezüglich der Vergleichung der Schinz'schen Angaben mit dem jetzigen Zustand kann der Einwand erhoben werden, dass jene sich auf den ganzen Kanton, dieser aber nur auf das engere Gebiet des Sees beziehen. Doch kann dieser Umstand ausser Betracht fallen, da sehr wenige Arten dem Seegebiet nicht angehören, die in den übrigen Kantonsteilen auftreten, und da ferner Schinz wohl auch hauptsächlich die Verhältnisse in der Umgebung von Zürich dargestellt hat.

Weiter könnte den Schlüssen, die aus der Übersicht sich ergeben, vorgeworfen werden, dass sie deswegen nicht richtig seien, da die bei Gessner mit Fragezeichen versehenen Arten bezüglich ihres Vorkommens im Gebiet des Zürichsees nicht durch sichere Angaben festgestellt seien. Die Prüfung der Liste belehrt aber darüber, dass alle oder fast alle die so bezeichneten Vögel später auch unserer Fauna angehörten, der Rückschluss auf ihr Vorhandensein zu Gessners Tagen also durchaus erlaubt ist. Ebenso könnte das Escher'sche Verzeichnis durch die Gessner'schen und Schinz'schen Angaben vervollständigt werden. Selbstverständlich aber darf das Schinz'sche Verzeichnis nicht in gleicher Art erweitert werden, da im 18. Jahrhundert Linné mit der Durchbildung der Systematik einsetzte, die gegen die Mitte des vorigen Jahrhunderts schon für unsere Ornis als ziemlich abgeschlossen zu bezeichnen ist.

Der im Vorstehenden nachgewiesene Rückgang unserer Vogelwelt sowohl in der Arten- als in der Individuenzahl ist nicht eine lokale Erscheinung; sie wird für ganz Mitteleuropa in gleicher Weise beklagt. Spezielle Daten hierüber enthält u. a. die neue Auflage von Naumann, „Naturgeschichte der Vögel Mitteleuropas“ im allgemeinen, z. T. auch im speziellen Teil. An diesem Orte möge es genügen, darauf hinzuweisen. Auch ist es nicht nötig, die Ursachen der Verminderung anzuführen; das bildet den Gegenstand von manchen ornithologischen Arbeiten der letzten Jahrzehnte. Die vorliegende Untersuchung zeigt und belehrt, dass diese Bewegung immer noch anhält, ja bei uns wenigstens seit 70 Jahren in gesteigertem Masse sich geltend macht und weitergehen wird, wenn nicht durch künstliche

Massnahmen erfolgreich entgegengewirkt werden kann. In dieser rückläufigen Bewegung stellt wohl die zürcherische Ornis ein typisches Bild dar. Ob sie anderwärts in stärkerem oder schwächerem Masse auftritt, entzieht sich meinem Urteil; sie ist ja wohl von Ort zu Ort nach den speziellen Verhältnissen, der Zunahme der Bevölkerungsdichtigkeit, den Umwälzungen in der Inanspruchnahme des Bodens und der Gewässer verschieden.

Die Frage, welche Formen hauptsächlich vom Rückgang betroffen worden sind, lässt sich dahin beantworten, dass da in auffälligem Masse die grossen Vögel in Betracht fallen. Es ist ganz dieselbe Erscheinung wie in der übrigen Tierwelt. Den grossen Formen geht überall im Kampf mit dem Menschen die Deckung ab. In den modernen, weitreichenden Schusswaffen hat dieser sich das Mittel geschaffen, alles auszurotten, was ein irgendwie geeignetes Ziel für sie bietet. Wie viele Jahre noch vergehen mögen, bis er sich zu mässigen lernt, dass die Erhaltung des Artbestandes wenigstens gesichert ist? Bis dahin wird der jetzige zweifellos noch erheblich gemindert werden.

Der viel betriebene Vogelfang hat bei uns von Gessner an bis über Escher hinaus anscheinend den Bestand nicht wesentlich beeinflusst; der Abgang dürfte durch die natürliche Vermehrung genügend ersetzt worden sein. Die Ursache der Verminderung wird also mit vollem Recht den Umgestaltungen in der Land- und Forstwirtschaft, also immerhin dem Einfluss der Menschen zugeschrieben. Selbstverständlich ist der in Südeuropa übliche Massenfang aber doch sehr geeignet, den ohnehin geschwächten Bestand der Jetztzeit noch mehr zu reduzieren, und es sollte daher neben den Vorkehren, die bei uns zur Erhaltung und Vermehrung der Vogelwelt dienen, doch mit allen Mitteln versucht werden, in den südlichen Nachbargebieten den Massenmord einzuschränken.

Auf der Hand liegt auch, dass aus den vorgeführten Befunden sich die voraussichtlichen Umwälzungen in unserer Vogelwelt erraten lassen: Die an Individuenzahl stark mitgenommenen Arten werden allmälich verschwinden, jetzt noch häufigere werden selten, soweit nicht die bereits erwähnten Vorkehren von Erfolg begleitet sind. Jedenfalls darf es nach allem für unser Gebiet als eine wichtige Aufgabe bezeichnet werden, dass alles geschehe, was der rückläufigen Bewegung Einhalt zu tun geeignet sein kann.

Die Vögel sind in ihrer Lebensweise äusserst konservativ: nur die Amsel hat die regelmässigen Wanderzüge, soweit die Angaben reichen, zum Teil eingestellt und ist hier in beiden Geschlechtern

ein Standvogel geworden, während Schinz noch angibt, dass das Weibchen regelmässig den Winter im Süden zubringe. [1])

Von der Singdrossel, „Sangdruschel“, berichtet das Gessnersche Vogelbuch ausser dem oben Angegebenen weiter: „Sy wirt von jres gsangs wägen in kefinen verwart; sy singt im Glentzen gar lieblich und wol.“ Da ferner ausser der Amsel alle bei uns vorkommenden Drosseln von Gessner ebenfalls erwähnt werden, so muss die oben gegebene Bestimmung richtig sein. Daraus folgt dann weiter, dass sie im Gegensatz zur Amsel aus einem teilweisen und jedenfalls nicht seltenen Wandervogel zu einem fast ausschliesslichen Zugvogel geworden ist. Herrn Knopfli, stud. phil., verdanke ich die Mitteilung, dass sie bei uns, allerdings in wenigen Exemplaren, überwinternd getroffen wird. Zu Gessners Zeiten wurde die Singdrossel in „kefinen“ gehalten, „jr fleisch zur speyß gebraucht“; somit scheint mir eine Verwechslung mit einer andern Drosselart ausgeschlossen.

Zum Schlusse bleibt mir noch übrig, Hrn. Nägeli, Präparator des zoologischen Museums der beiden Hochschulen, für die Mitwirkung an der vorliegenden Arbeit, speziell als trefflichem Kenner der Ornis unseres Gebietes, den besten Dank auszudrücken.

---

[1]) Siehe G. von Burg (Th. Studer & V. Fatio) Katalog der schweizerischen Vögel, Lieferung 7 und 8, S. 1035 u. ff., und K. Bretscher, Auffallende Änderungen in der Lebensweise eines wildlebenden Tieres. Naturwiss. Wochenschr. 1911, S. 501 u. f.

Untersuchungen über den Einfluss der Temperatur auf die Änderung des elektrischen Leitungswiderstandes von Eisen, Nickel, Kupfer und Wismut.

Von

Otto Schwab.

I. Einleitung.

Die Tatsache, dass der elektrische Leitungswiderstand der Metalle wächst, wenn diese eine Temperaturerhöhung erfahren, war schon im ersten Drittel des vorigen Jahrhunderts bekannt.

Die ersten zuverlässigen Untersuchungen auf diesem Gebiet stammen wohl von Mathiessen[1]). Er hat im Jahre 1862 gefunden, dass die elektrische Leitfähigkeit, d. h. der reziproke Wert des elektrischen Widerstandes für 10 verschiedene Metalle der Gleichung gehorcht:

$$c_t = c_o (1 - 0{,}003\,767\,4\, t + 0{,}000\,008\,34\, t^2)$$

worin t die Temperatur, c_o die Leitfähigkeit bei 0^0 C und c_t die Leitfähigkeit bei der Temperatur t^0 bedeuten.

Nach dieser Formel würde aber schon bei 226^0 die Leitfähigkeit bei einem Minimum angelangt und bei 452^0 wieder gleich c_o sein. Diese, den Tatsachen widersprechenden Resultate rühren davon her, dass Mathiessen seine Untersuchungen über ein zu kleines Temperaturintervall ausgedehnt hat.

Nachdem dann W. Siemens[2]) im Jahre 1871 und H. L. Callendar[3]) 1886 gezeigt hatten, wie mit Hülfe von Platinpyrometern (s. u. II, C.) sowohl sehr niedrige als auch sehr hohe Temperaturen leicht bestimmbar sind, wurden von einer grossen Reihe von Physikern genauere Untersuchungen an den verschiedensten Metallen ausgeführt.

Spezielle Untersuchungen an Eisendrähten ergaben bald, dass dieses Metall sich dem obigen Gesetz nicht anschliesst. Während fast bei allen Metallen einer gleichmässigen Temperatursteigerung

---

[1]) Poggendorff Annalen 115, 118, 122.

[2]) Phil. Mag. (5), 42.

[3]) Proc. Roy. Soc. 41; Trans. Roy. Soc. London 178 A, 182 A; Phil. Mag. (5), 32, 33, 47, 48.

eine ebensolche Widerstandszunahme entspricht, zeigt es sich beim Eisen, dass diese Widerstandsvergrösserung bis zu einer bestimmten Temperatur relativ langsam vor sich geht, dann sehr rasch wächst, um bei sehr hohen Temperaturen wieder nur langsam fortzuschreiten.

Eine ganz ähnliche Eigenschaft zeigt das Nickel.

Da diese beiden Metalle leicht magnetisierbar sind, lag es nahe, dieses eigentümliche Verhalten mit ihren magnetischen Eigenschaften in Verbindung zu bringen.

W. Kohlrausch[1]) hat im Jahre 1887 verschiedene Eisen-, Stahl-, Nickel- und Platindrähte nach dieser Richtung geprüft, indem er sie mit Hülfe des elektrischen Stromes in Wasserstoff-, resp. Leuchtgas, bis zur Weissgluht erhitzte, unter gleichzeitiger Messung von elektrischem Leitungswiderstand, Magnetisierbarkeit und des zur Erhitzung nötigen Arbeitsaufwandes, während er die jeweiligen Temperaturen nicht bestimmt hat.

Bei allen seinen Untersuchungen hat sich ergeben, dass der Widerstand der magnetisierbaren Metalle gerade dort am raschesten zunimmt, wo die Magnetisierbarkeit plötzlich abfällt. Er kommt daher zu folgendem Schluss: „Es kann kaum noch ein Zweifel bestehen, dass die Magnetisierbarkeit selbst der Grund für den steilen Verlauf der Widerstandskurven der Eisensorten und des Nickels ist, besonders sobald man in Betracht zieht, dass der flache Verlauf der Kurven nichtmagnetischer Metalle (Kupfer, Platin) sich auch bei Nickel und Eisen sofort einstellt, wenn bei hoher Temperatur die Magnetisierbarkeit fehlt.“

Kohlrausch macht ferner darauf aufmerksam, dass selbst grosse Differenzen der spezifischen Widerstände verschiedener Eisensorten bei Zimmertemperatur auf wenige Prozente bei höhern als der Entmagnetisierungstemperatur zurücksinken. So hatte er z. B. bei normaler Temperatur für Gusstahl, käufliches Eisen und elektrolytisches Eisen die spez. Widerstände 0,194; 0,149; 0,119 gefunden und im Moment des Verschwindens der Magnetisierbarkeit:

1,09; 1,07; 1,18.

Die Frage, ob eventuell nicht auch die starken Heizströme (bis zu 83 Amp.) den Widerstand beeinflussen könnten, hat Kohlrausch auch geprüft und ist durch seine Versuche zu einer verneinenden Antwort gekommen, im Gegensatz zu F. Auerbach[2]), der im Jahre 1878 aus seinen zahlreichen Untersuchungen erkannte, dass der Widerstand magnetisch polarisierbarer Metalle vom durchgehenden Strom vergrössert werde.

[1]) Wiedemann Annalen Bd. 33.

[2]) Wied. Ann. 5.

Im Jahre 1886 hat C. G. Knott[1]) genaue Untersuchungen an Nickeldrähten angestellt, wobei er u. a. zu folgendem Schluss gekommen ist: . . . „Between the limits of temperature specified (200°—320° C), the slop of the resistance curve is much steeper than for any other temperature. The same peculiarity is probably possessed by iron between the temperatures of a dull red and a bright red heat. . . .“

Zum genau gleichen Resultat ist 1888 A. Battelli[2]) durch seine Untersuchungen gekommen.

Nach J. Hopkinson[3]) wächst der Widerstand eines Eisendrahtes mit steigender Temperatur erst langsam, dann etwas schneller bis dicht unterhalb 855° und von dort an plötzlich wieder langsam.

H. Le Chatelier[4]) hat eine ganze Reihe von Eisen- und Nickelsorten, sowie eine Anzahl ihrer Legierungen untersucht. Für weiches Eisen, halb und ganz gehärtete Stahldrähte findet er beim Erhitzen in reinem Wasserstoff Umwandlungspunkte bei 710° und 850°, für Stahl mit 3 % Silicium nur bei 850°, während Manganstahl, also eine Legierung, und Platin keine Knickung aufweisen.

Le Chatelier erklärt sich diese Erscheinungen durch die Annahme, es seien die Metalle bei diesen Temperaturen molekularen Veränderungen unterworfen, und Hopkinson weist darauf hin, dass die Temperatur dieser plötzlichen Widerstandsänderung sehr nahe der Entmagnetisierungstemperatur (für Nickel unterhalb 400°, für Eisen bei ca. 870°) des Metalles liege.

Nun hat schon im Jahre 1885 C. Heim[5]) durch seine Untersuchungen nachgewiesen, dass die unter dem Namen Gore'sches Phänomen bekannte Rekaleszenzerscheinung beim Abkühlen des Eisens und Stahles mit dem Wiedereintritt der Magnetisierbarkeit stets genau zusammenfällt und dass diese kritische Temperatur vom Kohlenstoffgehalt abhängt. Diese plötzliche, molekulare Veränderung wäre nach Gores Ansicht als eine Verminderung der Kohäsion bei der bestimmten Temperatur zu betrachten.

W. Kohlrausch[6]) konnte diese Erscheinung auch an chemisch reinem Eisen sehr deutlich wahrnehmen, was Heim, wohl aus technischen Gründen, nicht gelungen ist.

Dass der magnetische Zustand des Metalles tatsächlich auf die Grösse seines elektrischen Widerstandes einen Einfluss ausübt, haben

---

[1]) Trans. of the Roy. Soc. Edinburgh 33.

[2]) Atti della Reale Accad. di Torino 22.

[3]) Proc. Roy. Soc. London 45.

[4]) Comptes Rendus 110, 112.

[5]) C. Heim, Untersuchungen über die Gore'schen Phänomene.

[6]) Wied. Annalen 33.

eine grosse Reihe von Forschern nachgewiesen. Von allen diesen Arbeiten seien hier nur noch einige erwähnt:

Goldhammer[1]) fand im Jahre 1887, dass sich der elektrische Widerstand des Eisens und Nickels bei Längsmagnetisierung vergrössert, bei Quermagnetisierung verkleinert, ein Resultat, auf das Tomlinson[2]) schon im Jahre 1882 gestossen war.

Aber auch diamagnetische Körper erleiden im Kraftfeld eine Einwirkung. So haben Righi[3]), Hurion[4]), Leduc[5]) und von Ettingshausen[6]) durch ihre Untersuchungen nachgewiesen, dass der Widerstand von Wismutplatten um 12 bis 16 Prozent zunehmen kann, wenn diese in einem starken, magnetischen Feld normal zu den Kraftlinien aufgestellt werden.

G. Faè[7]) hat 1887 gefunden, dass der Widerstand einer Eisendrahtrolle im magnetischen Kraftfeld immer vergrössert werde. Steht die Axe der Rolle senkrecht zu den Kraftlinien, so ist die Steigerung grösser, als wenn sie parallel zu den Kraftlinien ist.

Bei den gleichen Temperaturen, bei welchen Eisen und Nickel Unregelmässigkeiten in bezug auf den elektrischen Widerstand zeigen, verlieren diese Metalle auch ihre Magnetisierbarkeit.

Tomlinson[8]) fand z. B. im Jahre 1888, dass Nickeldrähte bei Temperaturen von 333° C bis 412° C unmagnetisch werden, je nach der Stärke des Feldes.

Nils Grane[9]) hat 1893 als Entmagnetisierungstemperatur für Nickel 368° bis 481° und für Eisen 735° bis 831°, je nach der Intensität des Feldes, beobachtet.

Hopkinson[10]) hat durch besondere Versuchseinrichtung die Rekaleszenzerscheinung einer Stahlsorte ebenfalls beobachtet. Er berichtet, dass bei regelmässiger Abkühlung die Temperatur von 680° plötzlich auf 712° gestiegen sei, und dass die daherige Wärmeproduktion 173 mal so gross war, wie die bei normaler Abkühlung während einer Sekunde abgegebene Wärmemenge. Nach seiner Messung ging die Magnetisierbarkeit bei der Temperatur von 690° verloren. Für eine Reihe verschiedener Eisen- und Stahlsorten hat er „kritische" Temperaturen von 690° bis 870° gemessen.

---

[1]) Pogg. Annalen 31 N. F.
[2]) Proc. Roy. Soc. London 33.
[3]) Journ. de Physique (2) 3.
[4]) Compt. Rend. 98.
[5]) C. R. 98 et 102.
[6]) Wien. Ber. 94.
[7]) Ist. Venet. Atti (6) 5.
[8]) Phil. Mag. (5) 25.
[9]) Acta Univ. Lundunis 30.
[10]) Phil. Trans. 180.

Nach Versuchen von C. G. Knott[1]) ist der Temperaturkoeffizient (Zunahme des Widerstandes 1 Ω pro 1° C Temperaturerhöhung) beim Eisen grösser als beim Nickel. Für das letztere Metall nimmt er von 200° bis 320° merklich zu, um nachher wieder zu fallen. Knott weist ferner darauf hin, dass die von Tait[2]) beobachtete thermoelektrische Anomalie (Zeichenwechsel des Thomsoneffektes) mit den gleichen Temperaturen zusammenfällt.

Von den aus neuerer Zeit stammenden Resultaten mögen folgende erwähnt werden:

Nagaoka und S. Kusakabe[3]) haben als Rekaleszenztemperatur für Eisen 780°, für Nickel 430° und für Stahl 800° gemessen, Werte, die mit zunehmender Feldstärke grösser werden, und die bei Erwärmung und Abkühlung verschieden ausfallen.

Auf ähnliche Resultate sind Guy Barlow[4]) und Dongier[5]) gestossen.

C. G. Knott[6]) findet für Nickel eine Vergrösserung des Widerstandes um gleichviel bei Magnetisierung bei allen Temperaturen im Intervall von 10° bis 170°.

Im Jahre 1907 hat der gleiche Physiker weitere Versuchsresultate[7]) mitgeteilt. Nach diesen sind die Widerstandsänderungen eines Nickeldrahtes, hervorgerufen durch ein transversales, magnetisches Kraftfeld bei ca. 295° C am kleinsten. Von dort an wachsen sie mit zunehmender Temperatur, erreichen ein Maximum bei ca. 310° und fallen von dort rasch zu Null ab. Diese Erscheinungen traten um so deutlicher zutage, je stärker die Kraftfelder gewählt wurden. Knott weist darauf hin, dass Williams ganz ähnliche Erfahrungen bei longitudinalen Kraftfeldern gesammelt hat und er zieht daraus den Schluss, dass Nickel in einem gewissen Intervall unterhalb seiner Entmagnetisierungstemperatur eine bemerkenswerte Empfindlichkeit des Einflusses der Magnetisierung auf das elektrische Leitvermögen zeigt.

Mit vorliegender Arbeit habe ich versucht, das anomale Verhalten sowohl des Eisens, als auch des Nickels als Funktion der Temperatur näher zu untersuchen und die Ergebnisse zu vergleichen mit denjenigen nichtmagnetischer Metalle.

---

[1]) Edinb. Trans. (1) 33.
[2]) Edinb. Trans. 1872/73.
[3]) Math. & Phys. Soc. Tokio 1901.
[4]) Proc. Roy. Soc. 71, 1902.
[5]) Soc. Franç. de Phys. 188, 1902.
[6]) Edinb. Trans. 1902.
[7]) Edinb. Trans. 45.

II. Versuchsanordnung und Messmethoden.

A. Beschreibung der Versuchsobjekte.

Um meine Widerstände bequem messen zu können, wählte ich sie so gross wie möglich, immerhin so, dass deren räumliche Unterbringung keine zu grossen Schwierigkeiten verursachte.

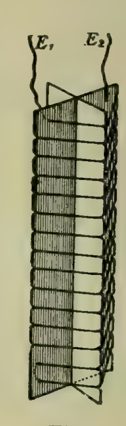


Fig. 1.

Aus dünnen Glimmerplättchen stellte ich einen Träger mit kreuzförmigem Querschnitt her (Fig. 1), auf den ich meine Versuchsdrähte bifilar aufwickeln konnte. Die beiden Enden E_1 und E_2 wurden mit Platindrähten von 1 mm Dicke vermittelst Silber verlötet und zwar so, dass z. B. von E_2 aus zwei, von E_1 aus nur ein Zuleitungsdraht nach aussen führten. (Begründung siehe Abschnitt II C.)

Diese Kombination liess ich in eine ca. 50 cm lange, am einen Ende abgeschlossene Porzellanröhre von 18 mm Lichtweite einsetzen. Die Röhre war innen und aussen glasiert. Am offenen Ende wurde ein 10 cm langes, mit einem luftdichten Abschlusshahn versehenes Glasrohr konisch eingeschliffen, das mit Wasserglas ins Porzellanrohr eingekittet werden konnte. Die drei Platindrähtchen A, B, C (Fig. 2) wurden durch dünne Glimmerscheibchen D geführt und so an gegenseitiger Berührung verhindert. Unmittelbar vor dem Glashahn wurden die drei, ganz genau gleich dimensionierten Platindrähte durch die Glaswand hindurch geführt und festgeschmolzen, so dass sie eine leitende Verbindung des zu messenden, eingeschlossenen Widerstandes nach aussen vermittelten. Direkt vor dem Glimmerkreuz wurde ein Asbestpfropfen F eingeschoben, der bei hohen Temperaturen die Strahlung in der Richtung der Röhrenaxe soviel wie möglich verhindern sollte. Das dünne Ansatzrohr G hat den Zweck, eine Verbindung mit der Quecksilberluftpumpe zu erleichtern, mit Hülfe derer ich jederzeit den ganzen Raum, in welchem der Draht untergebracht war, bis auf ca. 1 mm Druck (Hg) evakuieren konnte. Dadurch war es mir möglich, das Oxydieren der Drähte zu verhindern.

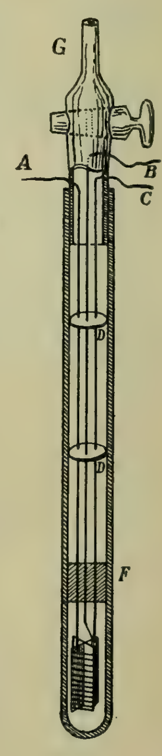


Fig. 2.

B. Herstellung der Temperaturen.

Die Temperaturen von 0°, resp. —78° C, erzielte ich für meine Widerstände durch Einsetzen in schmelzendes Eis, resp. in feste Kohlensäure.

An einem einzigen Tag stand mir flüssige Luft zur Verfügung, um so auch eine Messung bei —191° C ausführen zu können. Das Porzellanrohr tauchte mit ca. $^2/_3$ seiner ganzen Länge in die Flüssigkeit ein.

Zur Herstellung jeder beliebigen Temperatur von 20° C an aufwärts bis über 1000° hinaus, bediente ich mich eines elektrischen Glühofens von C. Heräus in Hanau. Eine 50 cm lange Porzellanröhre mit 30 mm Lichtweite ist mit einem dünnen Platinband von 0,55 Ohm Widerstand spiralig umwickelt. Die Stromzufuhr wird durch Kupferdrähte ermöglicht. Die thermische Isolation nach aussen wird besorgt durch eine zweite Röhre aus feuerfestem Ton von 20 cm Durchmesser, sowie durch die zwischen beiden Röhren eingeschlossene Luftschicht. Der Ofen wird horizontal aufgestellt. Schickt man durch das Platinband einen elektrischen Strom (in den folgenden Versuchen ist der leichtern Konstanterhaltung wegen ausschliesslich Akkumulatorenstrom verwendet worden), so wird dieses erwärmt. Durch Variation der Stromstärke ist es leicht möglich, jede wünschbare Temperatur bis gegen 1200° C herzustellen. Wird der Strom längere Zeit konstant gelassen, und werden Luftströmungen möglichst vermieden, so gelingt es leicht, die Temperatur im Innern des Ofens einige Zeit stationär zu erhalten. Inwieweit sie noch eine Funktion des Ortes sein kann, soll später durch direkte Messungen untersucht werden. (Abschnitt III, B, 1.)

C. Messung der Temperaturen und Widerstände der zu untersuchenden Metalle.

Nach diesen Erläuterungen über die Erreichung der notwendigen Temperaturen soll jetzt kurz nachgewiesen werden, wie sich diese bequem messen lassen. Dabei stütze ich mich auf die in grosser Zahl ausgeführten Untersuchungen von Callendar[1]), Benoit[2]), Holborn[3]), P. Chappuis und Harker[4]), Jäger und Disselhorst[5]), Siemens[6]) u. a. über die Widerstandsgrösse des Platins, als Funktion

[1]) Phil. Mag. (5), 47 und 48.
[2]) Comptes Rendus 76.
[3]) Drudes Ann. 6.
[4]) Trav. et Mem. du Bureau internat. 12.
[5]) Wiss. Abhandl. der phys. techn. Reichsanstalt 3.
[6]) Pogg. Ann. 110.

seiner Temperatur. Sie fanden alle, dass der Widerstand w_t bei der Temperatur t^0 sich darstellen lässt durch folgende Formel:

$$w_t = w_o (1 + a\,t - b\,t^2). \tag{1}$$

Hier bedeutet w_o den Widerstand des Drahtes bei der Temperatur $t = 0^0$, und a und b zwei konstante Materialkoeffizienten. (Für weitere Einzelheiten vergl. die erwähnte Literatur.)

Sind die drei Werte von w_o, a und b einmal genau bestimmt worden, so wird man jederzeit auf die Grösse der Temperatur, welcher der Draht ausgesetzt ist, schliessen können, wenn sein momentaner Widerstand gemessen wird.

Aus Gleichung (1) folgt nämlich:

$$t = \frac{1}{2b}\left[a - \sqrt{a^2 - 4\,b\left(\frac{w_t}{w_o} - 1\right)}\,\right]$$

oder, nach passender Umformung:

$$t = \frac{a}{2\,b} - \frac{1}{\sqrt{b \cdot w_o}} \cdot \sqrt{\left(\frac{a^2 \cdot w_o}{4\,b} + w_o\right) - w_t}. \tag{2}$$

Nun ist aber:

$$\left.\begin{aligned} w_o &= \overset{\Omega}{2{,}567\,5} \\ a &= 0{,}003\,914 \\ b &= 0{,}000\,000\,588 \end{aligned}\right\} \text{(Vergl. Abschnitt III, A.)}$$

Setzt man diese Werte in Gleichung (2) ein, so erhält man jetzt als endgültige Temperaturformel:

$$\underline{t = 3328{,}39 - 813{,}872 \cdot \sqrt{19{,}2921 - w_t}} \tag{3}$$

Das allen meinen Temperaturmessungen zu Grunde gelegte Platinpyrometer stammte von der Cambridge Scientific Instrument Company. Seine Einrichtung war im wesentlichen dieselbe wie bei meinen Versuchsobjekten, nur mit dem Unterschied, dass hier das Porzellanrohr vier Zuleitungsdrähte aus Kupfer enthielt.

Die beiden Porzellanröhren von Pyrometer und Versuchsobjekt wurden jeweilen von verschiedenen Seiten bis in die Mitte des Heizrohres hineingeschoben, und nach Konstantwerden der Temperatur die beiden Widerstandsgrössen gemessen.

Die ganze Einrichtung beider Objekte war derart gewählt worden, dass sich die Widerstandsmessung mit Hülfe der Wheatstoneschen Drahtkombination ausführen liess. Dabei musste dasjenige Verfahren das günstigste sein, das in möglichst kurzer Zeit eine genaue Messung ermöglichte und ausserdem augenblicklich anzeigte, wenn aus irgend einem Grunde die sonst konstant erhaltene Temperatur sich veränderte.

Sei im Zweig $O_1\ O_5\ O_3$ einer Wheatstoneschen Drahtkombination (Fig. 3) eine elektromotorische Kraft E eingeschaltet und die in den einzelnen Leiterstücken auftretenden Stromstärken und Widerstände mit i_k und w_k bezeichnet, so lässt sich unter Berücksichtigung der beiden Kirchhoffschen Sätze über Stromverzweigung in geschlossenen Leitern bekanntlich nachweisen, dass die Stromstärke des Brückenstromes dargestellt ist durch die Gleichung:

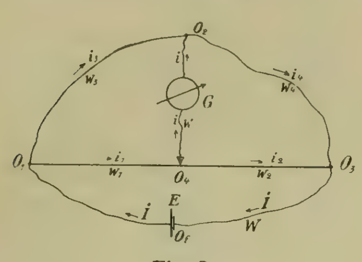


Fig. 3.

$$i = \frac{E}{N}(w_1\, w_4 - w_2\, w_3), \qquad (4)$$

worin N eine Summe von 16 positiven Gliedern bedeutet. Für $i = 0$ folgt hieraus:

$$\frac{w_1}{w_2} = \frac{w_3}{w_4} \qquad (5)$$

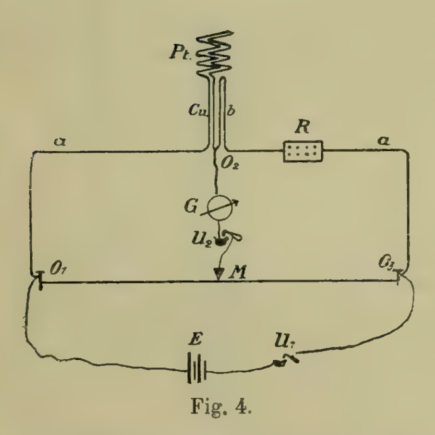


Fig. 4.

Bei meinen Messungen wurden die beiden Widerstände w_1 und w_2 durch einen horizontal ausgespannten Messdraht aus Nickelin dargestellt, w_3 durch das Pyrometer Pt und w_4 durch einen Rheostaten R (Fig. 4).

Als Stromquelle E benutzte ich Trockenelemente von Siemens und Halske.

Die Brücke wurde zwischen dem zweiten und dritten Kupferdraht des Pyrometers angelegt und nach einem Schleifkontakt M auf dem Messdraht geführt. Sie enthielt ausser einem Stromunterbrecher U_2 noch ein Siemens'sches Galvanometer G. Eine Erwärmung durch den Strom und daherige Vergrösserung des Platinwiderstandes während den Messungen wurde dadurch verhindert, dass Hauptstrom und Brückenstrom jeweilen nur für wenige Sekunden geschlossen wurden, d. h. nur so lange, bis der Ausschlag am Galvanometer abgelesen war. Der Brückenstrom ist immer nach dem Hauptstrom geschlossen worden, um schädliche Induktionsströme in der Brücke zu vermeiden.

Bei der Anlage meiner Drahtkombination sorgte ich mit peinlichster Genauigkeit dafür, dass die Zuleitungs- und Verbindungsdrähte a, a (Fig. 4) rechts und links von der Brücke von gleichem Widerstand waren. Wurde alsdann der Gleitkontakt M genau in

die Mitte des Messdrahtes gebracht, so konnte im Stöpselrheostat R soviel Widerstand eingeschaltet werden, dass beim Schliessen des Hauptstromes und der Brücke diese beinahe stromlos blieb.

Wird der zu bestimmende Platinwiderstand mit X und der Widerstand des Rheostaten mit R bezeichnet, so muss bei Stromlosigkeit der Brücke und dieser Anordnung nach Gleichung (5): $X = R$ sein, d. h. Die Grösse des gesuchten Widerstandes X kann direkt am Rheostaten abgelesen werden.

Da nun aber der verwendete Rheostat als kleinste Widerstandseinheit nur 0,1 Ohm enthielt, war es im allgemeinen auf diese Weise nicht möglich, den Brückenstrom ganz zum Verschwinden zu bringen. Das Galvanometer zeigte z. B. bei zwei um 0,1 Ohm sich unterscheidenden Rheostatenwiderständen zuerst einen negativen, dann einen positiven Ausschlag, woraus folgt, dass der genaue Widerstand zwischen diesen beiden Grenzen liegt. Nun ist aber bekanntlich die Stromstärke dem Ausschlag, und die kleine Widerstandsänderung der Stromstärke proportional, woraus folgt, dass das kleine Korrektionsglied, das zu dem am Rheostaten abgelesenen Widerstand addiert werden muss, direkt proportional mit dem Galvanometerausschlag ist, und aus je einem positiven und negativen berechnet werden kann.

Die Symmetrie der Brücke wurde vor jeder Messung durch zwei gleiche Widerstände kontrolliert.

Die Kontakte wurden mit Quecksilber hergestellt.

Alle die Vorteile, die ich über die Bestimmung des Pyrometerwiderstandes vermittelst der Wheatstone'schen Drahtkombination angegeben habe, lassen sich ohne weiteres übertragen auf die zu untersuchenden Metalle. Ich habe daher bei diesen Messungen im wesentlichen die gleiche Versuchsanordnung getroffen, wie sie in Fig. 4 zur Messung des Platinwiderstandes schematisch dargestellt ist. Einzig bei der Anlegung der Brücke in O_2 habe ich eine kleine Änderung vorgenommen, indem ich sie durch das Porzellanrohr hindurchführte und direkt mit dem, dem Rheostaten näher gelegenen Ende des Versuchsdrahtes verlötete (Draht C in Fig. 2), um mir so eine vierte Leitung zu ersparen.

Bei Stromlosigkeit der Brücke gilt dann natürlich auch hier die Gleichung: $X = R$.

In Fig. 5 ist ausser einem Längsschnitt α—β durch den Glühofen die ganze Versuchsanlage schematisch dargestellt, wie sie bei den Messungen höherer als Zimmertemperaturen verwendet worden ist. Die linke Hälfte diente zur Bestimmung des Platinwiderstandes, also der Temperatur, während rechts die zu bestimmenden Widerstände der Versuchsobjekte selbst gemessen wurden.

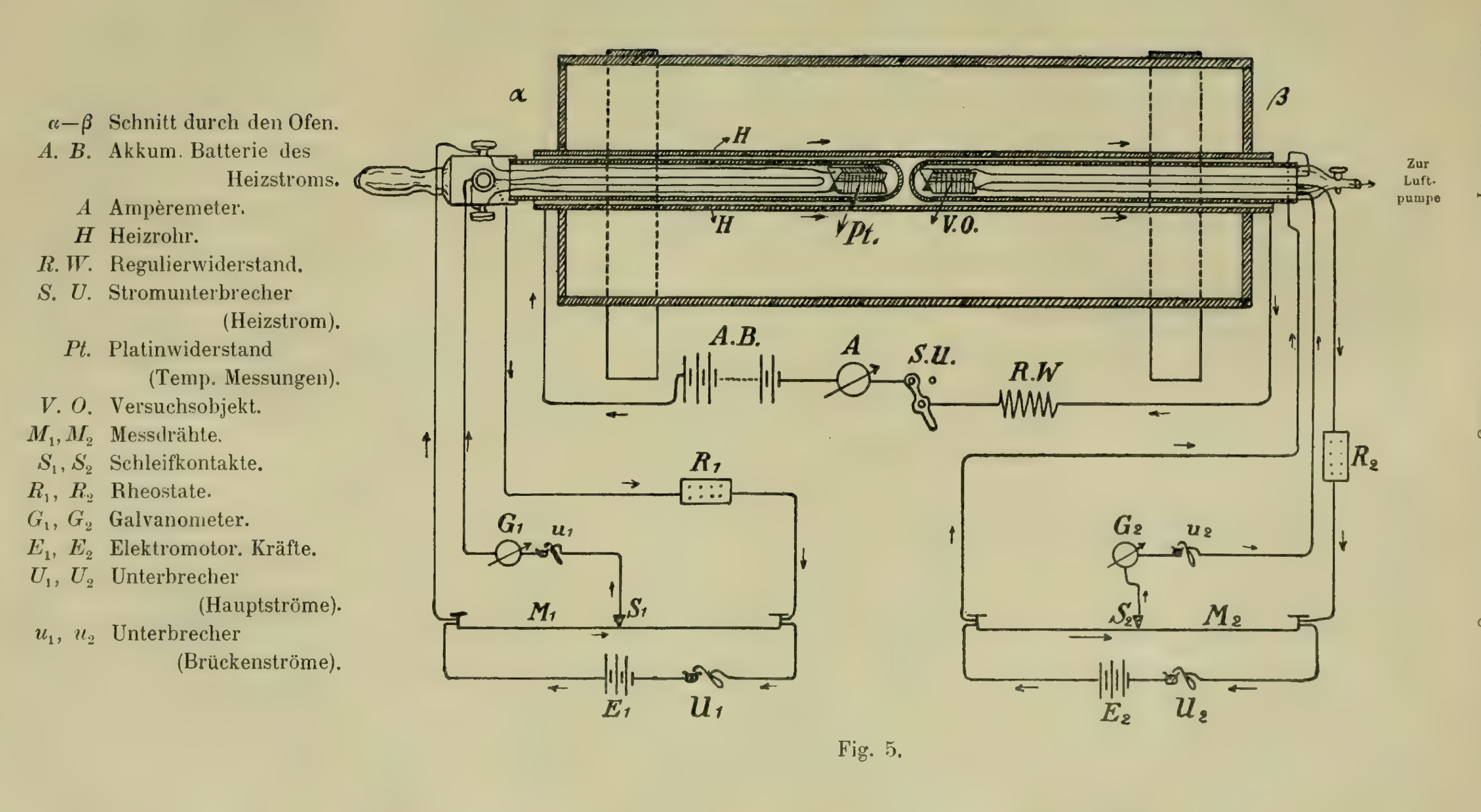

α—β Schnitt durch den Ofen.
A. B. Akkum. Batterie des Heizstroms.
A Ampèremeter.
H Heizrohr.
R. W. Regulierwiderstand.
S. U. Stromunterbrecher (Heizstrom).
Pt. Platinwiderstand (Temp. Messungen).
V. O. Versuchsobjekt.
M_1, M_2 Messdrähte.
S_1, S_2 Schleifkontakte.
R_1, R_2 Rheostate.
G_1, G_2 Galvanometer.
E_1, E_2 Elektromotor. Kräfte.
U_1, U_2 Unterbrecher (Hauptströme).
u_1, u_2 Unterbrecher (Brückenströme).
α
β
H
H
Pt.
V.O.
Zur Luft-pumpe
A.B.
A
S.U.
R.W
R_1
R_2
G_1
u_1
M_1
S_1
E_1
U_1
G_2
u_2
S_2
M_2
E_2
U_2

Fig. 5.

III. Praktische Ausführung.

A. Aichung des Pyrometers.

Um einen beliebigen Platindraht als Thermometer benutzen zu können, ist die Kenntnis der in den Gleichungen (1) u. f. mit w_0, a und b bezeichneten Grössen unerlässlich. Es handelte sich daher in erster Linie darum, diese Grössen möglichst genau zu bestimmen.

w_0 konnte leicht direkt gemessen werden, indem das den Platindraht umhüllende Porzellanrohr in schmelzendes Eis gestellt und mit den Ablesungen zugewartet wurde, bis der ganze Draht die Temperatur $t = 0^0$ angenommen hatte.

Die durch die Brücke fliessenden Ströme wurden mit einem Wiedemannschen Spiegel-Galvanometer gemessen. Die Distanz ($D = 1570$ mm) zwischen Spiegel und Skala war so gross, dass $tg\varphi = c \cdot s$ angenommen werden durfte, wenn s die Zahl der abgelesenen Skalenteile und c eine Konstante bedeuten. Infolgedessen ist die Stromstärke direkt proportional mit s.

Angenommen man habe bei konstanter Temperatur und einem Rheostatenwiderstand von $\frac{n}{10}$ Ohm einen negativen Ausschlag von s_1 Skalenteilen, bei $\frac{n+1}{10}$ Ohm einen positiven von s_2 Skalenteilen erhalten, so wird nach den Erwägungen im vorigen Abschnitt die Proportion erfüllt sein: $s_1 : (s_1 + s_2) = \varDelta : 0{,}1$, wobei $\varDelta$ die kleine Widerstandsgrösse bedeutet, die zur Angabe $\frac{n}{10}$ des Rheostaten addiert werden muss, um den genauen Wert des Platinwiderstandes zu erhalten. Aus dieser Proportion folgt:

$$\varDelta = \frac{s_1}{10\,(s_1 + s_2)} \tag{6}$$

Also beträgt jetzt der ganze gesuchte Widerstand:

$$w = \frac{1}{10}\left(n + \frac{s_1}{s_1 + s_2}\right) \text{ Ohm.} \tag{7}$$

Die Empfindlichkeit des Galvanometers wurde so reguliert, dass man im Durchschnitt für je $\frac{1}{10}$ Ohm Widerstandsänderung ca. 100 mm Ausschlag erhielt. Die Ablesungen liessen sich aber mit grosser Sicherheit bis auf $\frac{1}{10}$ mm genau machen, so dass kleine Änderungen des Widerstandes von $\frac{1}{10000}$ Ohm, oder 0,05‰ der normalen Grösse ($w_0 = 2{,}5^{\Omega}$ ca.) noch nachgewiesen werden konnten.

Nachdem das Porzellanrohr zirka eine Stunde in schmelzendem Eis gestanden hatte und eine systematische Änderung der Ausschläge nicht mehr konstatiert werden konnte, wurde mit den Messungen, die zur Sicherheit mehrmals wiederholt wurden, begonnen. Ohne einen Kontakt zu ändern, befreite ich sodann das Pyrometer vom Eise, erwärmte es langsam und brachte es in die Dämpfe siedenden Wassers. Nach Konstantwerden dieser Temperatur wurde wieder gemessen, alsdann wieder auf 0⁰ abgekühlt usw., bis genügendes Beobachtungsmaterial vorlag.

Daraus wurden dann, unter Zuhülfenahme der Methode der kleinsten Quadrate, folgende Werte bestimmt:

$$t = 0^0: \quad w = \overset{\Omega}{2{,}5675}$$
$$t = 98^0{,}85: \quad w = 3{,}5465.$$

Zur Bestimmung des ersten Temperaturkoeffizienten a hat man jetzt nach Gleichung (1):

$$w_t = w_o (1 + a t - b t^2).$$

Für die Grösse b, zu deren experimentellen Bestimmung mir die Mittel nicht zur Verfügung standen, gab die Fabrik, in welcher das Pyrometer hergestellt und geprüft worden ist, folgenden Wert an:

$$b = 0{,}000\,000\,588.$$

Setzt man nun alle bekannten Zahlenwerte in die Gleichung (1) ein, so erhält man daraus:

$$a = 0{,}003\,914.$$

Für die gleichen Grössen a und b des Platins haben gemessen:

Benoit[1]: $\left.\begin{array}{l} a = 0{,}002\,454 \\ b = 0{,}000\,000\,594 \end{array}\right\}$ für $t = 0^0$ bis 860^0

Holborn[2]: $\left.\begin{array}{l} a = 0{,}003\,934 \\ b = 0{,}000\,000\,988 \end{array}\right\}$ für $t = -189^0$ bis 0^0 und

$\left.\begin{array}{l} a = 0{,}003\,945 \\ b = 0{,}000\,000\,584 \end{array}\right\}$ für $t = 0^0$ bis 500^0

Chappuis u. Harker[3]: $\left.\begin{array}{l} a = 0{,}003\,922 \\ b = 0{,}000\,000\,585 \end{array}\right\}$ für $t = 0^0$ bis 500^0

Jaeger und Disselhorst[4]:

$a = 0{,}003\,840$ für $t = 18^0$ bis 100^0.

---

[1]) Comptes Rendus 76.
[2]) Wiedemann Annalen 6.
[3]) Trav. et Mem. du Bureau int. 12.
[4]) Wiss. Abh. der Phys. techn. Reichsanstalt 3.

B. Widerstandsmessungen an Eisendrähten.

1. Allgemeine Bemerkungen.

Als eine der Hauptbedingungen für genaue Messungen musste gefordert werden, dass die Temperatur im Innern des Heizrohres stationär, d. h. für längere Zeit konstant erhalten werden konnte. Diese Forderung war leicht dadurch erreichbar, dass ich den Heizstrom auf konstantem Wert erhielt und zwei bis drei Stunden zuwartete, bevor ich jeweilen mit den Messungen begann.

Bedenkt man, dass im Innern des Heizrohres, dessen Enden in die Luft der Zimmertemperatur von 15° bis 20° ragten, Maximaltemperaturen von über 1000° herrschten, so ergibt sich von selbst, dass nicht in jedem Querschnitt des Rohres (auch bei stationärem Zustand) die gleiche Temperatur existieren konnte.

Da ferner mein Temperaturmesser (Glimmerkreuz mit Platindraht) eine Längenausdehnung von 6 cm hatte, erhielt ich offenbar bei Verwendung seiner gemessenen Widerstandsgrösse aus der Rechnung eine Mitteltemperatur des Raumes, über welchen der Platindraht sich erstreckte. Ebenso wird die gleichzeitig gemessene Widerstandsgrösse des zu untersuchenden Metalles einer gewissen Mitteltemperatur entsprechen. Da nun der Ofen in bezug auf seinen mittleren Querschnitt genau symmetrisch gebaut ist, müssen, bei horizontaler Lage, die Temperaturen in Querschnitten mit gleichen Abständen vom mittleren ebenfalls gleich sein.

Bringt man nun auch Pyrometer und Versuchsobjekt genau koaxial mit dem Heizrohr und symmetrisch zu dessen mittlerem Querschnitt zur Aufstellung, so muss notwendigerweise die vom Pyrometer angegebene, mittlere Temperatur auch diejenige des Versuchsobjektes sein.

Um übrigens die Grösse des eventuell entstehenden Fehlers nachweisen zu können, insofern Pyrometer oder Versuchsobjekt etwas aus ihrer symmetrischen Lage verschoben würden, habe ich besondere Messungen vorgenommen. Zuerst wurde das Pyrometer bis genau zur Mitte des Heizrohres vorgeschoben, und, wie auch bei allen folgenden Versuchen, an den Enden die Zwischenräume zwischen Heizrohr und Pyrometer durch Asbestschnüre gut ausgestopft, um Luftströmungen in jenem möglichst abzuhalten. Bei stationärem Zustand wurde hierauf der Widerstand gemessen. Dann zog ich das Pyrometer um 3 cm heraus, wartete zu, bis der Widerstand wieder konstant geworden war und mass ihn abermals. Darauf brachte ich das Instrument wieder in seine normale Lage und mass von neuem. Der Mittelwert dieser ersten und dritten Messung lieferte eine

Temperatur von $t = 939^0,9$ und die zweite Messung eine solche von $t = 935^0,0$ C, also immerhin eine Temperaturdifferenz von $4^0,9$ oder 0,5 %. Bei der grossen Sorgfalt, die jeweilen für die richtige Plazierung der beiden Objekte beobachtet wurde, ist nicht anzunehmen, dass durch den Temperaturabfall im Innern des Rohres merkliche Fehler entstehen konnten.

Dass übrigens auch bei zeitlich variabeln Temperaturen kein Unterschied besteht zwischen den Mitteltemperaturen des Pyrometers und des Versuchsobjektes, hat sich leicht durch folgende, einfache Versuche ergeben, die ich nacheinander bei tiefern, mittleren und höhern Temperaturen ausgeführt habe: Pyrometer und Versuchskörper wurden so lange in ihrer normalen Lage bei konstanter Heizstromstärke erwärmt, bis ihre Widerstände keine Änderungen mehr zeigten. Dann wurde die Stromstärke um einen nur kleinen Betrag geändert und die beiden Galvanometer gleichzeitig beobachtet. Schon nach wenigen Sekunden konnte eine Vergrösserung oder Verkleinerung der Ausschläge bemerkt werden, die alsdann sehr rasch wuchs, aber in beiden Galvanometern immer gleichzeitig erschien.

Während die Empfindlichkeit des Wiedemann-Galvanometers im Pyrometerkreis wegen des nur langsam wachsenden Platinwiderstandes auch bis zu den höchsten Temperaturen ausreichte, wurden die Ausschläge des Galvanometers von Hartmann und Braun bei zunehmendem Widerstand sehr bald so klein, dass eine zuverlässige Messung auch bei vergrösserter E. M. K. unmöglich wurde. Diesem Übelstand konnte ich dadurch abhelfen, dass ich durch die magnetische Astasierung die ursprüngliche Empfindlichkeit wieder herstellte.

2. *Eisendraht Nr. 1.*

Nachdem eine ganze Reihe von Versuchen mit dünnen Eisendrähtchen, die ich in eine mit Stickstoff angefüllte Glasröhre einschmelzen liess, wegen der zu frühen Erweichung des Glases, nicht zum gewünschten Ziel führten, liess ich meine Versuchsobjekte so umändern, wie sie in Abschnitt II A näher beschrieben sind (vergl. Fig. 2).

Für die ersten Experimente hatte ich einen Eisendraht von 1 m Länge und 0,10 mm Dicke auf das Glimmerkreuz gewickelt (Fig. 1), dieses ins Porzellanrohr eingeschlossen und evakuiert. Alsdann wurde der Eisenwiderstand mehrmals bei den Temperaturen des schmelzenden Eises und des siedenden Wassers genau gemessen, wobei sich folgende Werte ergaben:

Für $t = 0^0$ war $w = 16\overset{\Omega}{,}349$
„ $t = 98^0,49$ „ $w = 23,512$
„ $t = 21^0,0$ (Zimmertemp.) war $w = 17\overset{\Omega}{,}521$.

H. Chevalier [1]) hat im Jahre 1900 an Hand von mannigfachen Experimenten nachgewiesen, dass der elektrische Widerstand eines Metalles bei periodischem Erwärmen und Wiederabkühlen stetigen Veränderungen unterworfen ist. Er hat gezeigt, dass diese Veränderungen indessen schon nach einer gewissen Anzahl von Perioden derart klein werden, dass sich die Widerstandsgrösse praktisch schon bald einem festen Wert nähert. Ich stellte mir die Aufgabe, diese Eigenschaft auch an meinem Versuchskörper zu prüfen, und ich habe deshalb den Draht vorsichtig erwärmt bis zur Temperatur $t = 275^0$, wobei $w = \overset{\Omega}{36,6}$ war.

Nach sorgfältiger Abkühlung erhielt ich bei $t = 20^0$: $w = \overset{\Omega}{17,37}$. Dann erwärmte ich wieder und hielt den Widerstand während 3 ½ Stunden auf ca. 750° C, nach welcher Zeit sich ergab:

$$t = 752^0 \qquad w = \overset{\Omega}{112,4}.$$

Nach Abkühlung auf Zimmertemperatur mass ich am folgenden Tag:

$$t = 19^0,5 \qquad w = \overset{\Omega}{16,46}.$$

Bei nochmaligem Erwärmen und Konstanthalten während 1 ½ Stunden auf der Temperatur von 758° war $w = \overset{\Omega}{116,9}$ geworden. Die nächste Abkühlung ergab: $t = 19^0,8$, $w = \overset{\Omega}{16,50}$. Wieder erwärmte ich langsam und hielt die Temperatur eine Stunde auf $t = 755^0$, wobei $w = \overset{\Omega}{117,2}$ erreichte, und nach erneuter Abkühlung war $t = 20^0,5$ und $w = \overset{\Omega}{16,615}$ geworden. Als nach diesem dreimaligen Erhitzen auf 750° bis 760° und nachfolgendem Abkühlen auf Zimmertemperatur nur noch so kleine Änderungen von w zu konstatieren waren, ging ich zu genauen Messungen über, indem ich diese in kleinern Temperaturintervallen (von 30° bis 50°) aufeinander folgen liess. Ich verzichte hier auf die Wiedergabe sämtlicher Resultate, da sie, wie sich bald herausstellen wird, doch nicht ganz frei von störenden Einflüssen sind. Einige Punkte seien immerhin angeführt.

Ich habe gemessen:

$t =$	0^0	$199^0,0$	$392^0,0$	$604^0,4$	$745^0,4$
$w =$	$\overset{\Omega}{16,348}$	$\overset{\Omega}{30,034}$	$\overset{\Omega}{52,537}$	$\overset{\Omega}{86,415}$	$\overset{\Omega}{119,149}$.

Vier Wochen später habe ich am gleichen Widerstand die Mes-

[1]) Comptes Rendus 130 et 133.

sungen zum Teil wiederholt, und ausserdem bei der Temperatur der festen Kohlensäure mehrmals beobachtet.

Die Hauptresultate dieser Wiederholungsreihe sind folgende:

$t =$	$-78^0,56$	0^0	$196^0,2$	$373^0,6$	$566^0,3$	$778^0,8$
$w =$	$\overset{\Omega}{10,045}$	$\overset{\Omega}{15,471}$	$\overset{\Omega}{30,924}$	$\overset{\Omega}{51,507}$	$\overset{\Omega}{82,188}$	$\overset{\Omega}{142,258}$.

Nachdem wieder langsam abgekühlt worden war hat sich gezeigt, dass der Eisenwiderstand nicht unerheblich grösser geworden war. Bei $t = -78^0,78$ war nämlich $w_{Fe} = \overset{\Omega}{11,138}$, bei $t = 0^0$: $w_{Fe} = \overset{\Omega}{16,720}$ und bei $t = 98^0,70$: $w_{Fe} = \overset{\Omega}{25,335}$. Ich glaubte daraus schliessen zu müssen, dass der von H. Chevalier bezeichnete Zustand des Eisens (vergl. p. 522) noch nicht erreicht war. Ich habe daher den Draht noch viermal bis gegen 800^0 C erhitzt und jeweilen wieder sorgfältig abgekühlt. Bei den drei ersten Erhitzungen wurde die höchste Temperatur jedesmal $1\,^1/_2$ Stunden, bei der letzten 6 Stunden lang konstant erhalten. Dabei wurden folgende Grössen gemessen:

t	w_{Fe}	t	w_{Fe}
$20^0,7$	$\overset{\Omega}{17,952}$;	$790^0,8$	$\overset{\Omega}{153,0}$
19,1	18,987	781,9	152,5
17,5	19,110	791,4	163,4
18,2	19,805	783,0	176,3
18,0	130,3		

Die ausserordentlich starke Vergrösserung des Widerstandes von $\overset{\Omega}{19,8}$ auf $\overset{\Omega}{130,3}$ bei Zimmertemperatur weckte in mir die Vermutung, dass der Draht irgendwo eine Beschädigung erlitten habe. Beim Öffnen des Porzellanrohres zeigte sich, dass die Oberfläche des Drahtes ganz „verkohlt", und der beim Einsetzen geschmeidige Draht sehr brüchig geworden war. Ohne Zweifel war der Glasansatz nicht luftdicht genug ins Porzellanrohr eingekittet gewesen, so dass bei den hohen Temperaturen der Draht sich leicht oxydieren konnte, wobei sich natürlich der Querschnitt verkleinerte und dementsprechend der Widerstand grösser werden musste. Aus diesen Messungen durfte ich daher noch keine bestimmten Schlüsse über den Zusammenhang von Temperatur und Widerstand ziehen.

3. *Eisendraht Nr. 2.*

Nach dem vorigen Beispiel habe ich sofort einen zweiten Eisendraht von gleichen Dimensionen gewickelt und ihn sorgfältig ins Porzellanrohr einsetzen lassen. Nach erfolgter Evakuierung stellte ich einige Vorversuche an, indem ich ihn mehrere Male auf hohe Temperaturen brachte, wieder abkühlte usw., um vor Beginn der

genauen Messungen einen stationären Zustand zu erhalten. Welche Veränderungen dabei vorgekommen sind ergibt sich aus folgender Zusammenstellung:

	t	w (Ω)		t	w (Ω)
1)	$17^0,8$	17,264;	2)	$763^0,6$	111,9
3)	17,5	15,300	4)	760,4	112,8
5)	18,6	14,841	6)	761,6	111,6
7)	20,0	14,633	8)	760,6	111,5
9)	19,4	14,425	10)	659,6	90,7

Aus diesen Angaben geht hervor, dass die wiederholte Erwärmung den Widerstand bei Zimmertemperatur um ca. 17% seines ursprünglichen Wertes verkleinert hat, dass aber trotzdem bei jedem neuen Anstieg auf die Maximaltemperatur der Widerstand dort keine Änderung dargetan hat.

Aus der hier anschliessenden, genauen Beobachtungsreihe gebe ich wieder nur einige Punkte an. Es wurde gemessen:

$t =$	$-78^0,64$	0^0	$214^0,1$	$412^0,1$	$608^0,3$	$760^0,3$
$w =$ (Ω)	8,181	12,982	28,562	50,332	80,782	111,457

Nach Vollendung dieser Versuchsreihe trachtete ich noch höhere Temperaturen zu erreichen, was mir z. T. auch gelungen ist. Dabei konnte ich folgende Grössen messen:

$t =$	$760^0,6$	$781^0,6$	$806^0,6$	$824^0,3$
$w =$ (Ω)	112,38	117,94	124,97	130,94.

Nachdem der Draht während $3\frac{1}{2}$ Stunden dieser letzten Temperatur ausgesetzt gewesen war, wurde langsam abgekühlt und hierauf bei Zimmertemperatur gemessen: $w = \overset{\Omega}{370}$.

Die Vermutung, dass auch dieser Draht gerissen sei, bestätigte sich beim Öffnen des Rohres. Auch war die vor dem Versuch noch blanke Drahtoberfläche wieder stark oxydiert.

4. *Eisendraht Nr. 3.*

Die bisherigen Versuche zur genauen Ermittelung des elektrischen Widerstandes von Eisendrähten bei hohen Temperaturen sind alle gescheitert an der leichten Oxydierbarkeit des Materials. Um ans Ziel zu gelangen, musste ich unter allen Umständen dafür sorgen, dass der Raum, in welchem der Draht eingeschlossen war, beliebig lange Zeit möglichst luftleer erhalten werden konnte. Das suchte ich dadurch zu erreichen, dass ich die Quecksilberluftpumpe so in die Nähe des Glühofens brachte, dass ich sie direkt mit dem Ansatz-

rohr meines Versuchsobjektes vermittelst eines Schlauches verbinden konnte. Alle Übergänge von Glas zu Gummi wurden überdies mit einem, an der Luft erstarrenden Gemisch von Kolophonium und Wachs übergossen. Nun war mir die Möglichkeit gegeben, in jedem beliebigen Augenblick, auch wenn der Draht auf den höchsten Temperaturen war, zu evakuieren und an dem mit der Luftpumpe verbundenen Manometer den Druck der noch vorhandenen Luft abzulesen, der übrigens sehr leicht bis auf ein bis zwei Millimeter (Quecksilber) reduziert werden konnte.

Nach diesen kleinen äussern Abänderungen schritt ich zu den üblichen Vorversuchen der periodischen Erwärmung und Wiederabkühlung, wobei folgende Grössen gemessen worden sind:

	t	w (Ω)		t	w (Ω)
1)	$t = 20^0,2$:	$w = 16,260$;	2)	$t = 783^0,5$:	$w = 115,30$
3)	20,1	15,467	4)	781,7	118,94
5)	20,6	15,624	6)	784,9	121,20
7)	20,3	15,580.			

Der Rückgang des Widerstandes bei Zimmertemperatur war nach der ersten Erwärmung $1\,^1/_4\,{}^0/_0$, nach der letzten total $2\,^0/_0$ des ursprünglichen Wertes.

Als kleinen Auszug aus einer hier anschliessenden, genauen Versuchsreihe gebe ich folgende Zahlen:

$t =$	$-78,^067$	0^0	$198^0,6$	$400^0,6$	$598^0,5$	$799^0,0$	$908^0,3$
$w =$ (Ω)	9,100	14,214	29,220	51,482	83,467	129,56	159,20.

Nach der höchsten Temperatur wurde langsam abgekühlt. Infolge der Zusammenziehung des Drahtes bei den tiefen Temperaturen müssen Spannungen aufgetreten sein, die den Draht zu zerreissen vermochten. Immerhin hat sich beim Öffnen des Porzellanrohres gezeigt, dass zum erstenmal seit meinen Versuchen mit Eisen die Drahtoberfläche, trotz der vorher erreichten hohen Temperatur von 908^0, schön blank geblieben war wie vor dem Versuch.

Dieser kleine Erfolg der verbesserten Evakuierungsmethode bewog mich, das gleiche Experiment an einem weitern Eisendraht Nr. 4 zu versuchen.

5. *Eisendraht Nr. 4.*

Indem ich mich bemühte, an diesem 4. Objekt alle die mit den 3 ersten Drähten gesammelten Erfahrungen praktisch zu verwerten, gelang es mir, in jeder Beziehung befriedigende Resultate zu erzielen. Um ein nochmaliges Zerreissen beim Abkühlen zu verhindern, achtete ich sorgfältig darauf, diesmal den Draht möglichst locker auf das

Glimmerkreuz zu wickeln, doch immerhin so, dass ein gegenseitiges Berühren der benachbarten Windungen ausgeschlossen war.

Der hier zur Verwendung gekommene Eisendraht hatte eine totale Länge von 100 cm und eine Dicke von 1/10 mm und besass blanke Oberfläche.

Messungen wurden hier ausgeführt bei den Temperaturen, der flüssigen Luft, der festen Kohlensäure, des schmelzenden Eises und, wie bis anhin, denjenigen des Glühofens.

Zuerst bestimmte ich den Widerstand in schmelzendem Eis und fester Kohlensäure und fand dabei:

$$t = 0^0: \qquad w_{Fe} = \overset{\Omega}{14{,}898}$$
$$t = -78^0{,}58: \quad w_{Fe} = 10{,}444.$$

Dann wurde das Porzellanrohr in ein ca. 30 cm tiefes, doppelwandiges, mit flüssiger Luft angefülltes Glasrohr hineingestellt und die ganze Kombination nach aussen so gut wie möglich thermisch isoliert. Schon nach wenigen Minuten zeigten sich nur noch geringe Widerstandsänderungen.

Nachdem bei vollständig stationärem Zustand die Messungen vorgenommen worden waren (vergl. Tab. 1), wurden zum Vergleich auch noch einige Punkte bei den Temperaturen der festen Kohlensäure und des schmelzenden Eises aufgenommen. Alsdann brachte ich meinen Apparat ins Heizrohr, um dort mit meinen Messungen bei höhern Temperaturen fortzufahren. Die diesbezüglichen Resultate sind alle in Tabelle 1 verzeichnet.

In dieser, wie auch in allen folgenden Tabellen gelten nachstehende Bezeichnungen:

I = Heizstromstärke (Akkumulatorenstrom),
R = eingeschaltete Widerstände der Rheostaten,
s = Skalenteile (Galvanometerausschläge),
Korr. = Korrektion des Widerstandes, berechnet aus je einem positiven und negativen Galvanometerausschlag,
w = Widerstand,
t = Temperatur.

Die Maximaltemperatur von 1009°,6 wurde bei dieser Versuchsreihe nach zwei einzigen Unterbrechungen erreicht, die nach den Temperaturen von 199°,4 und 451°,2 stattfanden. Nach den beiden Erkaltungen wurde gemessen:

$$w_{Fe} = \overset{\Omega}{15{,}950} \text{ bei } t = 18^0{,}4$$
$$\text{und } w_{Fe} = 15{,}138 \text{ bei } t = 19{,}0.$$

Tabelle 1.

I	Platin				Eisen				*t*
	R	*s*	*Korr.*	*w*	*R*	*s*	*Korr.*	*w*	
Amp.	Ω	mm	Ω	Ω	Ω	mm	Ω	Ω	°C
					5,2	— 188,9			
							0,0872	5,2872	—191,0
					5,3	+ 27,7			
					10,4	— 40,7			
							0,0314	10,4314	— 78,58
					10,5	+ 88,7			
					14,9	+ 0,0			
							0,0000	14,900	0
					15,0	+ 80,7			
	3,0	— 2,8			17,4	— 10,2			
2,67			0,0039	3,0039			0,011	17,389	+ 43,7
	3,1	+ 68,5			17,5	— 100,2			
	3,5	— 47,0			21,0	— 59,2			
4,75			0,0649	3,5649			0,088	21,088	+100,8
	3,6	+ 16,9			21,1	+ 7,9			
	4,0	— 22,0			24,4	— 44,1			
5,88			0,0381	4,0381			0,084	24,484	+149,7
	4,1	+ 35,7			24,5	+ 8,3			
	4,5	— 5,8			28,4	— 5,9			
6,70			0,0110	4,5110			0,014	28,414	+199,4
	4,6	+ 47,2			28,5	+ 36,2			
	5,0	— 3,9			32,8	— 22,2			
7,70			0,0070	5,0070			0,042	32,842	+252,3
	5,1	+ 88,1			32,9	+ 30,4			
	5,4	— 65,4			37,5	— 43,8			
8,30			0,0766	5,4766			0,070	37,570	303,3
	5,5	+ 20,0			37,6	+ 18,5			
	5,8	— 79,0			42,2	— 4,2			
9,10			0,0961	5,8961			0,008	42,208	349,6
	5,9	+ 3,2			42,3	+ 45,3			
	6,3	— 33,5			47,7	— 42,0			
9,78			0,0477	6,3477			0,052	47,752	400,3
	6,4	+ 36,7			47,8	+ 38,0			
	6,7	— 60,7			53,4	— 14,6			
10,30			0,0946	6,7946			0,027	53,427	451,2
	6,8	+ 3,4			53,5	+ 40,0			
	7,1	— 82,0			59,4	— 49,8			
11,20			0,0945	7,1945			0,007	59,507	497,6
	7,2	+ 3,8			59,5	— 3,2			
	7,6	— 21,3			67,0	— 11,8			
11,68			0,0276	7,6276			0,032	67,032	548,8
	7,7	+ 55,8			67,1	+ 25,6			

Tabelle 1 (Fortsetzung).

I	Platin				Eisen				t
	R	s	Korr.	w	R	s	Korr.	w	
Amp.	Ω	mm	Ω	Ω	Ω	mm	Ω	Ω	°C
	8,0	− 8,4			74,1	− 6,8			
12,40			0,0122	8,0122			0,024	74,124	595,0
	8,1	+ 60,4			74,2	+ 21,2			
	8,4	− 43,0			83,0	− 7,9			
13,30			0,0978	8,4978			0,035	83,035	654,4
	8,5	+ 21,0			83,1	+ 14,8			
	8,8	− 58,8			92,4	+ 0,0			
14,12			0,0960	8,8960			0,000	92,400	704,2
	8,9	+ 2,5			92,5	+ 22,8			
	9,2	− 19,0			100,8	− 2,2			
14,80			0,0322	9,2322			0,013	100,813	747,0
	9,3	+ 40,0			100,9	+ 15,2			
	9,6	− 16,5			111,8	+ 2,0			
15,53			0,0286	9,6282			− 0,014	111,786	798,4
	9,7	+ 41,1			111,9	+ 16,2			
	9,8	− 45,0			116,5	− 3,0			
15,80			0,0776	9,8776			0,021	116,521	831,2
	9,9	+ 13,0			116,6	+ 11,3			
	10,0	− 11,7			118,5	− 9,2			
16,10			0,0227	10,0227			0,075	118,575	850,5
	10,1	+ 39,9			118,6	+ 3,0			
	10,1	− 38,1			120,3	− 4,1			
16,40			0,0704	10,1704			0,029	120,329	870,3
	10,2	+ 17,0			120,4	+ 10,0			
	10,3	− 29,3			122,2	+ 1,2			
16,90			0,0562	10,3562			− 0,010	122,190	895,5
	10,4	+ 22,8			122,3	+ 12,8			
	10,5	− 49,6			123,7	− 6,1			
17,42			0,0941	10,5941			0,047	123,747	928,1
	10,6	+ 3,1			123,8	+ 7,0			
	10,8	− 9,0			124,1	− 9,8			
18,80			0,0174	10,8174			0,081	124,181	959,1
	10,9	+ 42,9			124,2	+ 2,3			
	11,1	− 36,0			126,0	− 15,8			
18,85			0,0745	11,1745			0,076	126,176	1009,6
	11,2	+ 12,4			126,1	− 6,8			

Nach langsamer Abkühlung nach der höchsten Temperatur von 1009°,6 wurde gemessen: $w_{Fe} = \overset{\Omega}{12,300}$ bei $t = 24°,5$. Bei der Temperatur des schmelzenden Eises ergab sich sodann:

$$t = 0°:\ w_{Fe} = \overset{\Omega}{10,871},$$

also eine Abnahme des Widerstandes um $\overset{\Omega}{4,029}$ oder 27 % gegenüber der 1. Messung vor der Erhitzung.

Um das weitere Verhalten dieses Eisendrahtes zu prüfen, habe ich ihn noch einigemale periodisch erwärmt und abgekühlt und dabei folgende Grössen gemessen:

	t	w_{Fe} (Ω)		t	w (Ω)
1)	$t =$ 0°:	$w_{Fe} =$ 10,871;	2)	$t =$ 941°,0:	$w =$ 122,2
3)	28,4	11,430	4)	927,1	123,1
5)	0	10,281	6)	749,3	97,98
7)	18,4	11,271	8)	1013,8	126,22
9)	20,4	11,260.			

Die letzten Werte zeigen, dass bei weiterem periodischem Erwärmen und Abkühlen nur noch ganz unbedeutende Veränderungen zu erwarten wären.

Um den Zusammenhang zwischen Temperatur und elektrischem Widerstand bei dem nun von bleibenden Widerstandsänderungen befreiten Eisendraht auch noch kennen zu lernen, stellte ich weitere, den bisherigen analoge Beobachtungen an. Von den dabei gewonnenen Resultaten gebe ich in Tabelle 2 nur noch die Werte für die Temperaturen und ihre entsprechenden Widerstände (vergl. die Kolonnen 5, 9 und 10 der Tabelle 1).

Um zu zeigen, dass nach dieser letzten Versuchsreihe (Tab. 2) der Eisenwiderstand bei gleichen Temperaturen von jetzt an tatsächlich keine bleibenden Veränderungen mehr erleidet, habe ich noch eine weitere Wiederholung der bisherigen Messungen vorgenommen, diesmal aber in grössern Temperaturintervallen, und die Ergebnisse in Tabelle 3 zusammengestellt.

Nach vollständigem Erkalten ergab sich sodann bei Zimmertemperatur:

$$t = 19°,5:\ w_{Fe} = \overset{\Omega}{11,278}$$

und beim Gefrierpunkt des Wassers:

$$t = 0°:\ w_{Fe} = \overset{\Omega}{10,263}.$$

Vergleicht man die Tabelle 1 mit den Tabellen 2 und 3, so bekommt man ein anschauliches Bild vom Verlauf des Widerstandes bei der ersten Erwärmung und nach mehrfacher Wiederholung, besonders wenn man auf Koordinatenpapier die Temperaturen als

Tabelle 2.

w_{Pt}	w_{Fe}	t
Ω	Ω	°C
—	5,986	— 78,52
—	10,193	0,0
3,1104	13,319	+ 54,5
3,4964	15,755	93,8
4,0482	19,584	150,7
4,5523	23,613	203,7
4,9782	27,377	249,2
5,4409	32,292	299,4
5,8638	37,417	346,0
6,3447	43,430	400,0
6,8637	50,922	459,2
7,2118	56,483	499,6
7,6414	64,087	550,4
8,0261	71,533	596,7
8,4779	80,715	652,0
8,8663	89,874	700,6
9,2749	100,23	752,5
9,6618	111,90	802,8
9,9142	117,55	836,1
10,4420	124,11	907,2
11,1632	127,55	1008,0

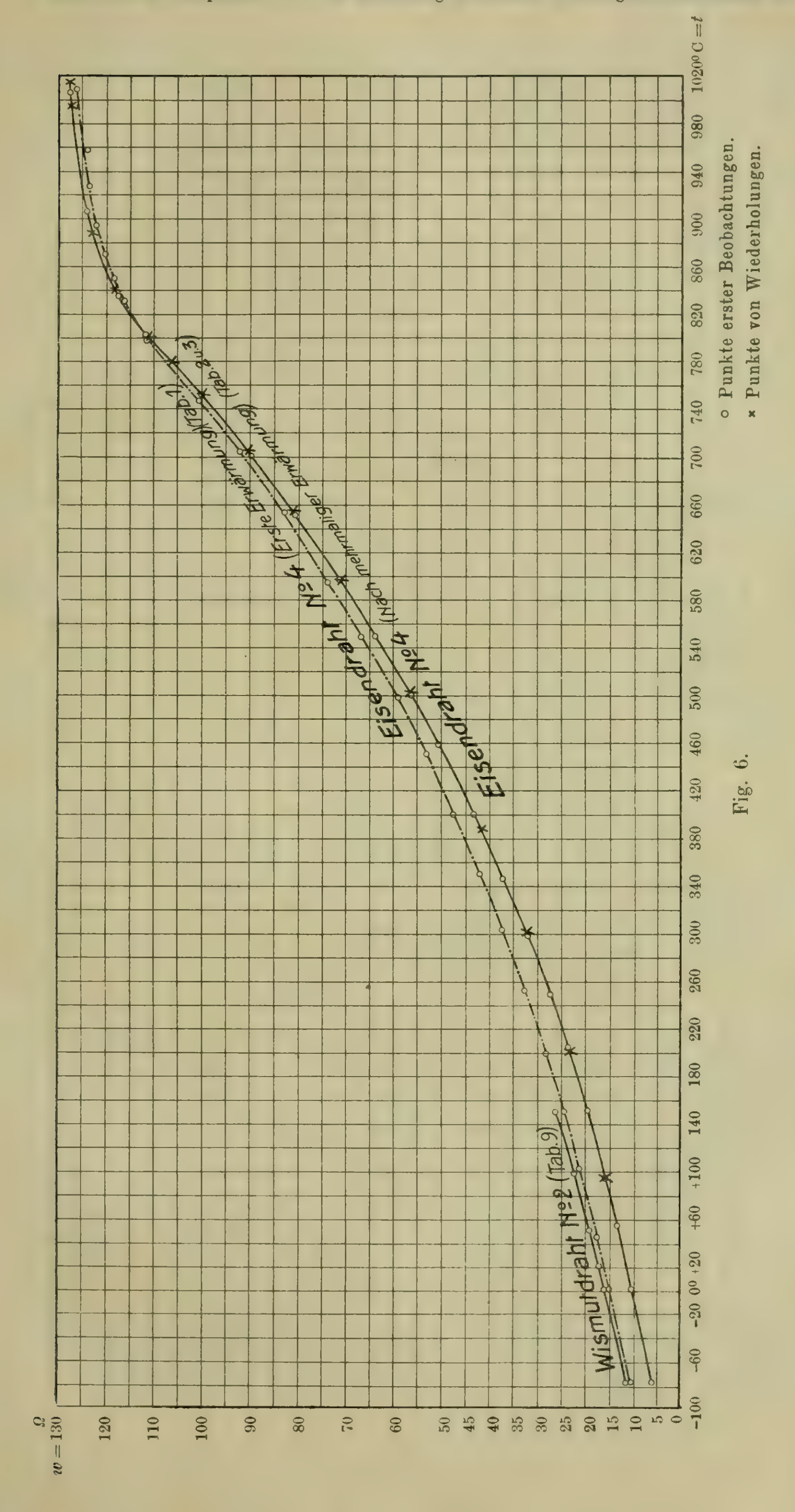
Tabelle 3.

w_{Pt}	w_{Fe}	t
Ω	Ω	°C
3,5116	15,685	95,4
4,5242	23,178	200,7
5,4587	32,251	301,2
6,2384	41,651	387,9
7,2346	56,420	502,3
8,0291	70,964	597,0
8,4990	81,132	654,7
8,9079	90,587	705,8
9,2784	100,224	753,0
9,4908	106,48	780,4
9,6490	111,18	801,1
9,9511	118,37	841,0
10,3103	123,02	889,2
11,0805	127,34	996,2
11,2180	127,73	1015,7

Abszissen und die entsprechenden Widerstände als Ordinaten aufträgt und die so erhaltenen Punkte untereinander verbindet (vergl. Fig. 6).

Durch diese letzten Messungen ist endgültig festgestellt, dass durch mehrmalige Erhitzung und Wiederabkühlung unter Luftabschluss der elektrische Widerstand eines Eisendrahtes sich ganz bedeutend verkleinert, hier z. B. bei $t = 0^0$ um 31 % des ursprünglichen Wertes, dass aber diese Reduktion mit steigender Temperatur stetig abnimmt und bei ca. 820° verschwindet. Für noch höhere Temperaturen weist der mehrfach erhitzte Eisendraht einen grössern Widerstand auf als der zum erstenmal auf diese Temperaturen gebrachte, gleiche Eisendraht. Doch beträgt diese Vergrösserung bei 1000° nur 1 % des ersten Wertes.

Diese grossen Veränderungen, namentlich die bleibenden bei tiefen Temperaturen, können nur dadurch erklärt werden, dass durch das mehrfache und lange Erwärmen molekulare Veränderungen im Eisendraht hervorgerufen werden. Zwar wird durch Überschreiten der Entmagnetisierungstemperatur des Eisens auch sein magnetischer



w = 130 Ω
120
110
100
90
80
70
60
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0
−100 −60 −20 0° +20 +60 +100 140 180 220 260 300 340 380 420 460 500 540 580 620 660 700 740 780 820 860 900 940 980 1020° C = t
Eisendraht No 4 (Erste Erwärmung) (Tab. 1)
Eisendraht No 4 (Nach mehrmaliger Erwärmung) (Tab. 2 u. 3)
Wismutdraht No 2 (Tab. 9)
○ Punkte erster Beobachtungen.
× Punkte von Wiederholungen.

Fig. 6.

Zustand verändert. Garbasso, Cantone u. a. haben aber nachgewiesen, dass die Magnetisierung nur in ganz geringem Masse widerstandsvergrössernd wirkt.

Nach diesen genauen und zuverlässigen Messungen am Eisendraht Nr. 4 ist es leicht, die Unregelmässigkeiten, die sich beim ersten Objekt und z. T. auch beim zweiten und dritten gezeigt haben, zu erklären: Wie schon bemerkt, waren die Drähte Nr. 1 und 2 beim Herausnehmen aus dem Porzellanrohr nach den Versuchen an der Oberfläche ganz „verkohlt“, d. h. der während dem Experiment bei undichten Stellen eingedrungene Sauerstoff hatte eine Oxydation des Drahtes ermöglicht, wodurch aber der Querschnitt ($d = 0{,}1$ mm; $q = 0{,}0078$ mm^2) beständig verkleinert, also der totale Widerstand vergrössert wurde. Diese Vergrösserung war eine so starke, dass durch sie die, durch die molekulare Veränderung bedingte Widerstandsverkleinerung von ca. 30 % ganz kompensiert wurde und der Draht ausserdem noch eine ganz erhebliche Widerstandsvergrösserung erfuhr. Nachdem es mir gelungen war, beim Eisendraht Nr. 4 jeden Luftzutritt ganz zu verhindern, zeigte sich diese störende Erscheinung nicht mehr.

Tatsächlich konnte am Schluss der Messungen beim Öffnen des Porzellanrohres konstatiert werden, dass der Draht Nr. 4 völlig unversehrt und blank wie beim Einsetzen geblieben war.

C. Widerstandsmessung an einem Nickeldraht.

Zu weitern Untersuchungen habe ich einen Nickeldraht von 120 cm Länge und 0,12 mm Dicke auf ein Glimmerkreuz gewickelt und sonst alle Anordnungen genau gleich getroffen wie bei den Messungen an den Eisendrähten.

Beim Schmelzpunkt des Eises war:

$$t = 0^0: \; w_{Ni} \overset{\Omega}{=} 8{,}1358.$$

Hierauf wurde der Draht viermal nacheinander auf Temperaturen bis gegen 1000° gebracht und ein bis zwei Stunden so gelassen und dann wieder langsam abgekühlt. Bei diesen periodischen Temperaturänderungen wurden folgende Grössen gemessen:

	t	w_{Ni} (Ω)		t	w_{Ni} (Ω)
1)	$17^0{,}5$	8,767;	2)	$870^0{,}0$	44,10
3)	17,6	7,820	4)	1009,0	43,90
5)	17,6	7,562	6)	1008,7	44,3
7)	17,5	7,446	8)	991,7	43,6
9)	17,5	7,368.			

Nach diesen Versuchen wurde zu den definitiven Messungen geschritten, deren Ergebnisse in Tabelle 4 aufgezeichnet sind.

Tabelle 4.

I	Platin				Nickel				t
	R	s	*Korr.*	w	R	s	*Korr.*	w	
Amp.	Ω	mm	Ω	Ω	Ω	mm	Ω	Ω	°C
					4,2	— 61,7			
							0,0738	4,2738	— 78,73
					4,3	+ 21,9			
					6,7	— 27,4			
							0,0457	6,7457	0
					6,8	+ 32,4			
	3,1	— 5,0			8,6	+ 8,2			
3,26			0,0085	3,1085			—0,0132	8,5868	54,3
	3,2	+ 53,8			8,7	+ 70,6			
	3,5	— 20,2			10,0	— 49,0			
4,61			0,0372	3,5372			0,0917	10,092	98,0
	3,6	+ 34,2			10,1	+ 4,4			
	4,0	— 41,0			12,3	— 32,1			
5,84			0,0677	4,0677			0,0522	12,352	152,8
	4,1	+ 20,0			12,4	+ 29,4			
	4,5	— 14,9			14,4	— 54,5			
6,80			0,0196	4,5196			0,0817	14,482	200,3
	4,6	+ 61,1			14,5	+ 12,2			
	4,9	— 59,5			16,9	— 60,8			
7,60			0,0855	4,9855			0,0717	16,972	250,0
	5,0	+ 10,1			17,0	+ 24,1			
	5,4	— 31,0			19,9	— 51,2			
8,30			0,0495	5,4495			0,0792	19,979	300,4
	5,5	+ 31,6			20,0	+ 13,4			
	5,9	0,0			23,4	— 35,8			
8,97			0,0000	5,9000			0,0486	23,449	350,0
	6,0	+ 57,3			23,5	+ 37,8			
	6,3	— 32,8			27,4	— 26,0			
9,83			0,0452	6,3452			0,0468	27,447	399,9
	6,4	+ 39,8			27,5	+ 29,5			
	6,8	— 3,1			30,2	— 19,0			
10,53			0,0046	6,8046			0,039	30,239	452,3
	6,9	+ 64,2			30,3	+ 29,9			
	7,1	— 49,8			31,7	— 11,6			
10,90			0,0770	7,1770			0,015	31,715	495,6
	7,2	+ 14,9			31,8	+ 68,0			
	7,6	— 36,6			33,4	— 4,1			
11,82			0,0650	7,6650			0,006	33,406	553,2
	7,7	+ 19,8			33,5	+ 62,0			
	8,0	— 26,2			34,6	— 30,7			
12,60			0,0486	8,0486			0,058	34,658	599,4
	8,1	+ 27,7			34,7	+ 22,1			

Tabelle 4 (Fortsetzung).

I	Platin				Nickel				*t*
	R	*s*	*Korr.*	*w*	*R*	*s*	*Korr.*	*w*	
Amp.	Ω	mm	Ω	Ω	Ω	mm	Ω	Ω	°C
	8,4	— 17,3			35,8	— 20,9			
13,10			0,0337	8,4337			0,045	35,845	646,6
	8,5	+ 34,1			35,9	+ 25,7			
	8,8	— 54,8			37,2	— 28,0			
14,32			0,0813	8,8813			0,053	37,253	702,4
	8,9	+ 12,7			37,3	+ 25,2			
	9,2	— 34,6			38,4	— 6,4			
14,58			0,0527	9,2527			0,012	38,412	757,4
	9,3	+ 31,0			38,5	+ 45,8			
	9,6	— 29,7			39,6	— 15,4			
15,30			0,0485	9,6485			0,039	39,639	801,0
	9,7	+ 31,5			39,7	+ 24,5			
	10,0	— 7,1			40,7	— 32,2			
16,20			0,0122	10,0122			0,078	40,778	849,1
	10,1	+ 50,9			40,8	+ 13,3			
	10,3	— 45,6			41,9	+ 0,7			
17,00			0,0804	10,3804			— 0,002	41,898	898,8
	10,4	+ 11,1			42,0	+ 44,1			
	10,5	— 34,8			42,4	— 27,0			
17,30			0,0642	10,5642			0,065	42,465	924,0
	10,6	+ 19,3			42,5	+ 14,4			
	11,1	— 35,4			44,2	— 7,0			
18,80			0,0702	11,1702			0,018	44,218	1009,0
	11,2	+ 15,0			44,3	+ 31,0			

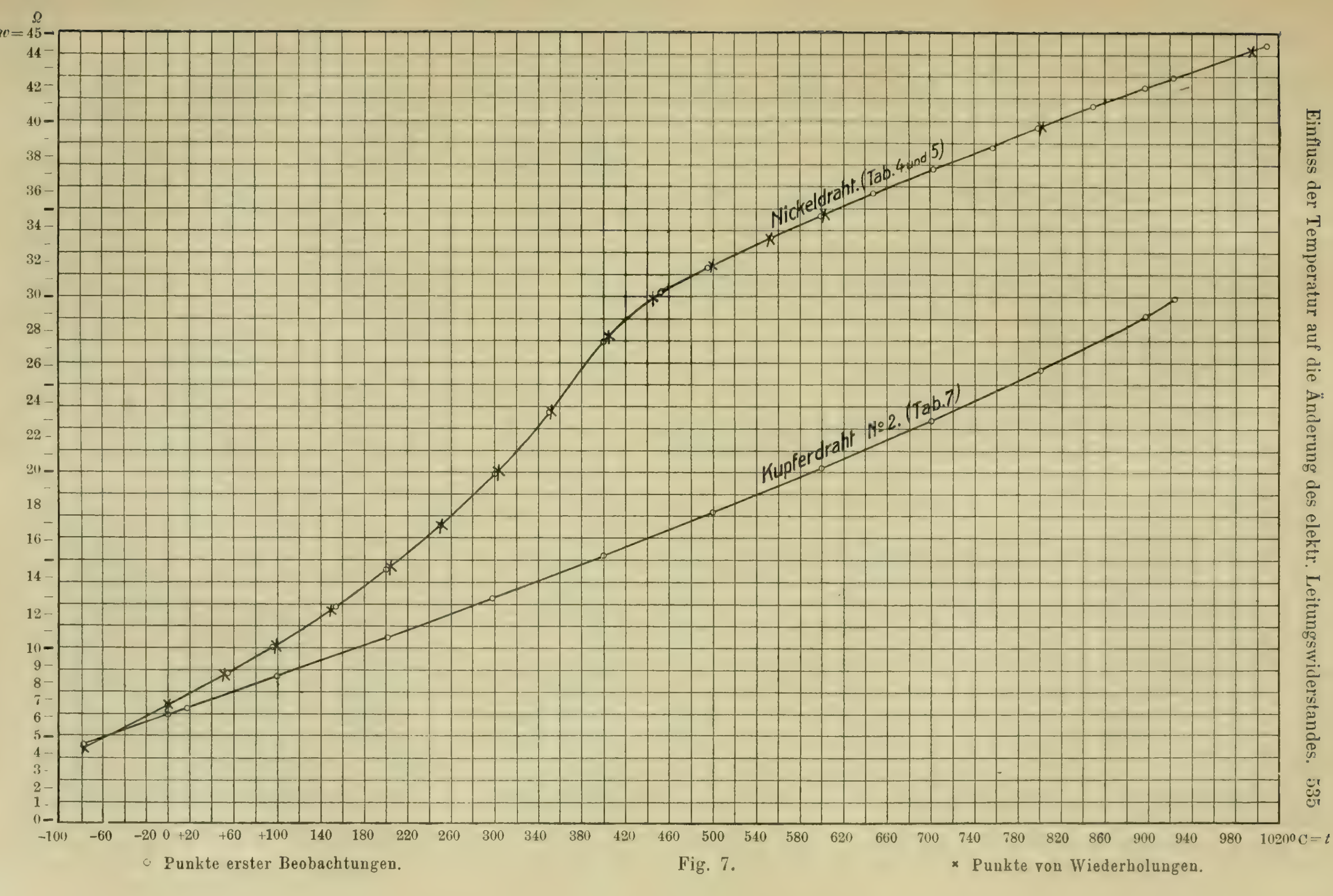
Nach langsamer Abkühlung hat sich sodann bei Zimmertemperatur ergeben:

$$t = 17^{0},6: \; w_{Ni} = \overset{\Omega}{7},339.$$

Um zu prüfen, ob bei nochmaliger Erwärmung die Verhältnisse die gleichen seien, wurde, unter sonst gleichen Umständen, eine weitere Beobachtungsreihe aufgenommen, deren Hauptergebnisse sich in Tabelle 5 vorfinden.

Zeichnet man die Kurven, die sich aus den Tabellen 4 und 5 ergeben, so sieht man sofort, dass sie sich genau decken (vergl. Fig. 7).

Vergleicht man die entsprechenden Kurven in Fig. 6 und 7 für Eisen- und Nickeldraht, so erkennt man sofort, dass hier wie dort der Widerstand mit zunehmender Temperatur gewissen Unregelmässigkeiten unterworfen ist, was bei der Kurve für den Kupfer-



○ Punkte erster Beobachtungen.

Fig. 7.

× Punkte von Wiederholungen.

draht nicht konstatiert werden kann. Während indessen der Wendepunkt in der Eisenwiderstandskurve in der Gegend von 790° C auf-

Tabelle 5.

w_{Pt}	w_{Ni}	t
Ω	Ω	°C
—	4,2738	— 78,73
—	6,7457	0
3,0730	8,4730	+ 50,7
3,5353	10,139	97,8
4,0342	12,109	149,3
4,5453	14,730	203,0
4,9838	16,994	249,8
5,4593	20,129	301,4
5,9124	23,407	351,4
6,3855	27,803	404,5
6,7930	30,130	451,0
7,2108	31,801	499,5
7,6590	33,343	552,5
8,0597	34,739	600,8
9,6509	39,736	801,4
11,0680	43,906	994,4

tritt, kann ein solcher in der entsprechenden Kurve für Nickel schon bei ca. 370° C erkannt werden.

Diese merkwürdigen Erscheinungen sollen in einem spätern Abschnitt (IV. B) dieser Arbeit eingehender diskutiert werden.

D. Widerstandsmessungen an Kupferdrähten.

1. Kupferdraht Nr. 1.

Nachdem nun für Eisen und Nickel, d. h. zwei magnetisierbare Metalle gründliche Untersuchungen vorliegen, musste es interessieren, auch die Verhältnisse bei nichtmagnetisierbaren Metallen kennen zu lernen.

Zu dem Zweck wickelte ich einen 65,8 cm langen, blanken Kupferdraht von 0,0497 mm Dicke von Siemens und Halske in Berlin auf ein, wie bis anhin verwendetes Glimmerkreuz, das wieder in ein luftdichtes Porzellanrohr eingesetzt wurde.

Eine ganze Reihe von Vorversuchen zeigte mir, dass der im luftleeren Raum befindliche Kupferdraht nach mehreren periodischen Erwärmungen und Abkühlungen seinen Widerstand nicht bleibend verändert. Dabei habe ich freilich die Temperatur von 950° C

nie überschritten und zwar mit Rücksicht auf die Schmelztemperatur des Kupfers ($t = 1084^0$).

Ferner hat sich bald herausgestellt, dass der Widerstand des Kupferdrahtes über lange Temperaturintervalle hin fast proportional mit der Temperatur wächst. Gestützt darauf konnte ich mich beschränken, die Temperatur- und Widerstandsmessungen in grössern Intervallen als bis anhin auszuführen.

In umstehender Tabelle 6 sind die Ergebnisse zusammengestellt, die ich bei der Untersuchung des Kupferdrahtes Nr. 1 nach bisheriger Methode erhalten habe.

Am Tage nach diesen Messungen hat sich gezeigt, dass der Kupferdraht während der Abkühlung durchgerissen war. Es gelang mir indessen, die beiden Enden zu verlöten und den Draht wieder ins Porzellanrohr einzusetzen, um seinen Widerstand wenigstens noch bei der Schmelztemperatur des Eises zu messen. Es ergab sich

für: $t = 0^0$: $w_{Cu} = \overset{\Omega}{5,}744$.

Bei Beginn der Messungen war für $t = 0^0$: $w_{Cu} = \overset{\Omega}{5,}660$ gemessen worden. Die Vergrösserung um $\overset{\Omega}{0,}084$ oder 1,5 % ist eine sehr geringe und kann sehr wohl von der durch den Bruch nötig gewordenen Lötstelle herrühren.

Zu weitern Messungen eignete sich dieser Kupferdraht nicht mehr wegen des relativ tiefen Schmelzpunktes des Zinnes, das zur Lötung verwendet worden war.

Ich untersuchte daher einen neuen Kupferdraht von ähnlichen Dimensionen.

2. *Kupferdraht Nr. 2.*

Dieser zweite Kupferdraht, den ich zur Vervollständigung meiner Resultate untersucht habe, besass eine Länge von 73,2 cm und eine Dicke von 0,0497 mm. Die an ihm gemessenen Grössen finden sich in der Tabelle 7 zusammengestellt.

Die Abkühlung nach der höchsten Temperatur ging diesmal unter normalen Verhältnissen vor sich. Nach Schluss derselben wurde bei Zimmertemperatur gemessen:

$$t = 18^0,4: \; w_{Cu} = \overset{\Omega}{6,}5390.$$

Auch dieser Draht war nach Schluss des Versuches vollständig intakt und hatte die blanke, rote Oberfläche beibehalten.

Die graphische Darstellung der Resultate dieses Kupferdrahtes befindet sich in Fig. 7.

Tabelle 6.

I	Platin				Kupfer				t
	R	s	*Korr.*	w	R	s	*Korr.*	w	
Amp.	Ω	mm	Ω	Ω	Ω	mm	Ω	Ω	°C
					3,8	— 5,8			
							0,0058	3,8058	— 78,56
					3,9	+ 93,6			
					5,6	— 40,4			
							0,0600	5,6600	0
					5,7	+ 27,0			
	3,5	— 39,1			7,8	— 56,4			
4,80			0,0542	3,5542			0,0704	7,8704	99,7
	3,6	+ 33,1			7,9	+ 23,7			
	4,5	— 30,8			10,0	— 35,1			
6,92			0,0441	4,5441			0,059	10,059	202,9
	4,6	+ 39,1			10,1	+ 24,1			
	5,4	— 30,7			12,1	— 20,9			
8,27			0,0413	5,4413			0,031	12,131	299,4
	5,5	+ 43,6			12,2	+ 46,1			
	6,3	— 36,9			14,4	— 49,3			
9,80			0,0584	6,3584			0,067	14,467	401,4
	6,4	+ 26,3			14,5	+ 27,7			
	7,2	— 22,0			16,9	— 43,9			
11,28			0,0402	7,2402			0,075	16,975	503,0
	7,3	+ 32,7			17,0	+ 14,9			
	8,0	— 38,7			19,7	— 23,6			
12,65			0,0552	8,0552			0,030	19,730	600,2
	8,1	+ 31,5			19,8	+ 54,3			
	8,8	— 40,4			22,4	— 21,2			
14,30			0,0646	8,8646			0,033	22,433	700,3
	8,9	+ 22,1			22,5	+ 41,9			
	9,6	— 30,3			25,1	— 49,7			
15,75			0,0550	9,6550			0,097	25,197	801,9
	9,7	+ 24,8			25,2	+ 1,3			
	10,4	— 3,6			28,0	— 43,0			
17,18			0,0073	10,4073			0,000	28,100	902,5
	10,5	+ 45,7			28,1	0			

Tabelle 7.

I	Platin				Kupfer				t
	R	s	*Korr.*	w	R	s	*Korr.*	w	
Amp.	Ω	mm	Ω	Ω	Ω	mm	Ω	Ω	°C
	—	—			4,4	— 88,4			
—			—	—			0,0828	4,4828	— 78,63
	—	—			4,5	+ 18,3			
	—	—			6,1	— 64,5			
—			—	—			0,0750	6,1750	0
	—	—			6,2	+ 21,5			
	2,7	— 33,4			6,5	— 49,3			
—			0,0384	2,7384			0,0400	6,5400	17,1
	2,8	+ 53,7			6,6	+ 74,0			
	3,5	— 38,8			8,3	— 54,5			
4,90			0,0531	3,5531			0,0607	8,3607	99,6
	3,6	+ 34,3			8,4	+ 35,3			
	4,5	— 23,7			10,6	— 36,9			
6,93			0,0322	4,5322			0,048	10,648	201,6
	4,6	+ 50,0			10,7	+ 39,3			
	5,4	— 26,0			12,8	— 45,5			
8,20			0,0308	5,4308			0,066	12,866	298,3
	5,5	+ 58,0			12,9	+ 23,1			
	6,3	— 27,9			15,2	— 61,7			
9,80			0,0400	6,3400			0,076	15,276	399,4
	6,4	+ 41,8			15,3	+ 19,8			
	7,2	— 8,5			17,7	— 55,2			
11,13			0,0138	7,2138			0,073	17,773	499,9
	7,3	+ 53,0			17,8	+ 20,6			
	8,0	— 38,7			20,3	— 28,5			
12,60			0,0553	8,0553			0,041	20,341	600,2
	8,1	+ 31,3			20,4	+ 41,2			
	8,8	— 45,0			22,9	— 48,1			
13,84			0,0643	8,8643			0,068	22,968	700,2
	8,9	+ 25,0			23,0	+ 22,5			
	9,6	— 26,1			25,8	— 53,4			
14,20			0,0415	9,6415			0,076	25,876	800,1
	9,7	+ 36,8			25,9	+ 17,2			
	10,3	— 45,1			28,8	— 43,9			
16,60			0,0776	10,3776			0,073	28,873	896,5
	10,4	+ 13,0			28,9	+ 16,3			
	10,5	— 34,0			29,8	— 38,1			
17,00			0,0604	10,5604			0,078	29,878	923,9
	10,6	+ 22,3			29,9	+ 11,1			

E. Widerstandsmessungen an Wismutdrähten.

1. Wismutdraht Nr. 1.

Zum Schluss stellte ich mir noch die Aufgabe, die Beziehungen zu studieren, die zwischen Temperatur und Widerstand eines diamagnetischen Metalles, des Wismuts, auftreten.

Des grossen spezifischen Widerstandes wegen brauchte ich hier nur einen kurzen Draht zu wählen. Seine Länge betrug 29,0 cm, seine Dicke 0,17 mm. Ich wickelte ihn nicht spiralig, sondern in der Längsrichtung des Glimmerkreuzes, so dass er, wie die frühern Objekte, einen gleich langen Raum in Anspruch nahm. Das Zusammenlöten der Enden mit den Platindrähten geschah vermittelst Zinn. Da die Schmelztemperaturen für Zinn (232°) und Wismut (269°) nahe aneinander liegen, war es mit ausserordentlichen Schwierigkeiten verbunden, die Lötung auszuführen, ohne dass der Wismutdraht schon während derselben abschmolz. Indessen ist mir der Versuch doch zweimal gelungen, so dass ich einige Messungen ausführen konnte, deren Resultate in den Tabellen 8 und 9 zusammengestellt sind.

Tabelle 8.

I	Platin				Wismut				*t*
	R	*s*	*Korr.*	*w*	*R*	*s*	*Korr.*	*w*	
Amp.	Ω	mm	Ω	Ω	Ω	mm	Ω	Ω	°C
	—	—			11,1	— 8,3			
—			—	—			0,008	11,108	— 78,88
	—	—			11,2	+ 90,6			
	—	—			15,6	— 49,2			
—			—	—			0,052	15,652	0
	—	—			15,7	+ 45,2			
	2,7	— 49,0			16,7	— 31,4			
—			0,0457	2,7457			0,038	16,738	17,8
	2,8	+ 58,1			16,8	+ 50,4			
	3,0	— 58,1			18,6	— 49,7			
2,80			0,0617	3,0617			0,075	18,675	49,6
	3,1	+ 36,1			18,7	+ 17,0			
	3,5	— 46,4			22,0	— 40,7			
4,65			0,0605	3,5605			0,054	22,054	100,4
	3,6	+ 30,3			22,1	+ 34,4			

Bei weiterer Steigerung der Temperatur ist der Draht zerrissen, obwohl ich schon bei der Wicklung besonders darauf geachtet hatte, gefährliche Spannungen zu vermeiden.

2. *Wismutdraht Nr. 2.*

Da es mir mit dem ersten Wismutdraht nicht gelungen war, höhere Temperaturen als 100° C zu erreichen, versuchte ich das gleiche Experiment mit einem neuen Draht von 30,0 cm Länge und 0,17 mm Dicke.

Tabelle 9 gibt die dabei erzielten Resultate.

Tabelle 9.

I	Platin				Wismut				*t*
	R	*s*	*Korr.*	*w*	*R*	*s*	*Korr.*	*w*	
Amp.	Ω	mm	Ω	Ω	Ω	mm	Ω	Ω	°C
	—	—			11,2	— 70,3			
—			—	—			0,081	11,281	— 78,78
	—	—			11,3	+ 16,9			
	—	—			15,9	— 17,8			
—			—	—			0,022	15,922	0
	—	—			16,0	+ 63,9			
	2,7	— 66,8			17,0	— 34,9			
—			0,0644	2,7644			0,028	17,028	19,7
	2,8	+ 37,1			17,1	+ 90,7			
	3,0	— 67,4			19,0	— 15,5			
2,80			0,0653	3,0653			0,019	19,019	49,9
	3,1	+ 35,8			19,1	+ 68,2			
	3,5	— 32,3			22,2	— 83,7			
4,60			0,0424	3,5424			0,081	22,281	98,5
	3,6	+ 43,9			22,3	+ 19,1			
	4,0	— 25,4			26,2	— 8,9			
5,80			0,0357	4,0357			0,018	26,218	149,5
	4,1	+ 45,8			26,3	+ 39,7			

Bei weiterer Temperatursteigerung zerriss auch dieser Draht, so dass neue Messungen nicht vorgenommen werden konnten. Graphische Darstellung Fig. 6.

* * *

Hier anschliessend soll noch der Einfluss untersucht werden, der durch die bei hohen Temperaturen veränderte Leitfähigkeit des Glimmers auf die gefundenen Resultate ausgeübt werden könnte.

Zu dem Zwecke habe ich ein Glimmerplättchen von 18 mm Länge, 15 mm Breite und 0,32 mm Dicke an den Enden mit zwei Platindrähten solid verbunden, in der Mitte des Heizrohres gut isoliert aufgehängt und in einen mit Galvanometer und Element versehenen,

ebenfalls gut isolierten Stromkreis eingeschaltet. Da die Leitfähigkeit des Porzellans bei hohen Temperaturen beträchtlich zunimmt, wurde namentlich sorgfältig darauf geachtet, dass im Innern des Heizrohres nirgends eine Berührung mit Glimmer und Leitungsdrähten stattfand. Die Bestimmung des Widerstandes vollzog sich durch Messung von Stromstärke und Spannung. Infolge der ausserordentlich grossen Widerstände bedurfte es auch eines äusserst empfindlichen Strommessers. Das benutzte Drehspulengalvanometer hatte bei einer Entfernung von 160 cm zwischen Spiegel und Skala eine Empfindlichkeit von $2 \cdot 10^{-9}$ Ampères. Der innere Widerstand des Apparates betrug 900 Ohm.

Zur Messung des Glimmerwiderstandes selbst wurde die E. M. K. von 250 Bleiakkumulatoren verwendet.

Bei Zimmertemperatur wurde gefunden:

$$i = \overset{a}{0{,}000\,007\,87} \qquad \Delta p = \overset{\nu}{511{,}8} \qquad w = \overset{\Omega}{65\,049\,000.}$$

Bei der Temperatur von 800° C:

$$i = \overset{a}{0{,}000\,115} \qquad \Delta p = \overset{\nu}{511{,}8} \qquad w = \overset{\Omega}{4\,430\,000.}$$

Bei der Temperatur von 900° C:

$$i = \overset{a}{0{,}000\,359} \qquad \Delta p = \overset{\nu}{511{,}8} \qquad w = \overset{\Omega}{1\,426\,000.}$$

Bei der Temperatur von 950° C:

$$i = \overset{a}{0{,}000\,396} \qquad \Delta p = \overset{\nu}{511{,}8} \qquad w = \overset{\Omega}{1\,293\,000.}$$

Aus diesen Resultaten geht hervor, dass der Widerstand des Glimmerplättchens bei einer Temperatursteigerung auf 950° C um das zirka fünfzigfache abnimmt, während derjenige des Eisendrahtes unter den gleichen Umständen um das zirka zwölffache zunimmt. Dementsprechend müsste der Widerstand der als Träger verwendeten Glimmerkreuze bei 950° C den Wert von 518 000 Ohm annehmen (60 mm Länge und 40 mm² Querschnitt). Der aufgewickelte Eisendraht hatte einen Maximalwiderstand von ca. $\overset{\Omega}{130}$, so dass der durch ihn fliessende, zur Messung benützte Strom durch das Glimmerkreuz eine Schwächung von höchstens 0,02 Prozent seines Normalwertes erfahren konnte. Der Einfluss auf die gemessenen Widerstandsgrössen ist also ein derart kleiner, dass er ohne Bedenken vernachlässigt werden darf.

IV. Analytischer Zusammenhang zwischen Temperatur und elektrischem Widerstand.

A. Bestimmungsmethode.

Ganz ähnlich, wie man in Abschnitt II, C den Widerstand des Platindrahtes als Funktion seiner Temperatur dargestellt hat, kann man das für jedes beliebige andere Metall tun.

Der einfachste, und wohl auch bequemste Ansatz hiefür ist die Potenzreihe:

$$w_t = w_0 (1 + a t + b t^2 + c t^3 + \ldots\ldots), \qquad (8)$$

worin w_t den Widerstand bei der Temperatur t^0, und w_0 denjenigen bei 0^0 darstellt, und $a, b, c \ldots.$ von der Natur des Metalles abhängige Konstanten bedeuten. Die Erfahrung lehrt, dass man in den meisten Fällen schon mit der Kenntnis zweier dieser Zahlen (a und b) auskommt, so dass also ist:

$$w_t = w_0 (1 + a t + b t^2). \qquad (9)$$

Theoretisch könnten diese beiden Grössen aus den Messungen von zwei beliebigen Temperaturen und der entsprechenden Widerstände berechnet werden, wenn w_0 bereits bekannt ist.

Es habe sich z. B. ergeben, dass bei der beliebigen Temperatur t_1 der entsprechende Widerstand w_1 und bei t_2 der Widerstand w_2 betrage, so folgt aus Gleichung (9):

$$w_1 = w_0 (1 + a t_1 + b t_1^2) \text{ und ebenso:}$$
$$w_2 + w_0 (1 + a t_2 + b t_2^2).$$

In diesen beiden linearen Gleichungen treten als einzige Unbekannten die Grössen a und b auf, die somit bestimmt werden können.

Wird nun diese Berechnung für verschiedene Temperaturen mehrmals durchgeführt, so wird man sofort ersehen, dass im allgemeinen für die Grössen a und b immer etwas verschiedene Werte herauskommen. Diese Verschiedenheiten rühren davon her, dass bei den Beobachtungen immer kleine Fehler gemacht werden, die der Unvollkommenheit der verwendeten Instrumente und unserer Sinne zuzuschreiben sind, und weil die Gleichung (9) die Tatsachen eben nicht genau genug darzustellen vermag.

Es werden ohne Zweifel diejenigen Werte von a und b als die besten bezeichnet werden müssen, die bei der Berechnung für w_t

solche Werte ergeben, die den entsprechenden, beobachteten Grössen am nächsten liegen.

Die Ausgleichungsrechnung zeigt uns Methoden, die es uns ermöglichen, diese wahrscheinlichsten Werte aus den gemachten Beobachtungen zu berechnen. (Methode der kleinsten Quadrate.)

Die im folgenden Abschnitt angegebenen Werte sind sämtlich nach dieser Methode berechnet worden.

B. Resultate.

Nach dieser Rechnungsmethode habe ich aus den Beobachtungswerten der Tabelle 2 für den Eisendraht Nr. 4 für Temperaturen bis zu 780° folgende Werte gefunden:

$$a = 0{,}004\,240 \qquad b = 0{,}000\,009\,904.$$

Zur Berechnung von a und b auch noch höhere Temperaturen heranzuziehen war nicht ratsam, da die Widerstandskurve (vergl. Fig. 6) in der Gegend von 790° einen Wendepunkt hat, und der weitere Verlauf sich durch eine Potenzreihe von nur drei Gliedern doch nicht gut darstellen liesse.

Berechnet man jetzt mit den gefundenen Werten von a und b den Widerstand für die gleichen Temperaturen, bei denen er direkt gemessen worden ist, so sieht man, dass bis gegen 200° sehr grosse Differenzen auftreten, während für höhere Temperaturen die beobachteten und berechneten Werte ziemlich gut übereinstimmen.

Ich sah mich deshalb veranlasst, für die beiden Intervalle von —78° bis 200° und von 250° bis 780° verschiedene Werte von a und b zu berechnen.

Dabei habe ich gefunden:

Für $t = -78°$ bis $+200°$: $a = 0{,}005\,487$; $b = 0{,}000\,004\,592$.
Für $t = 250°$ bis $780°$: $a = 0{,}004\,241$; $b = 0{,}000\,009\,904$.

Für den gleichen Eisendraht habe ich ferner die Koeffizienten a und b berechnet, die sich aus der Tabelle 1 ergeben, d. h. aus den Messungen, die gemacht wurden, als man den Eisendraht zum erstenmal auf höhere Temperaturen brachte.

Auch hier habe ich, aus dem gleichen Grunde wie im vorigen Fall, die Berechnung für kleinere und grössere Temperaturen getrennt vorgenommen und dabei gefunden:

Für $t = -191°$ bis $+200°$: $a = 0{,}003\,880$; $b = 0{,}000\,002\,531$.
Für $t = 250°$ bis $750°$: $a = 0{,}003\,012$; $b = 0{,}000\,006\,196$.

Für den Nickeldraht zeigt Fig. 7 deutlich, dass die Widerstandskurve in der Gegend von 370° ebenfalls einen Wendepunkt

aufweist. Aus dem Grund habe ich auch hier die Berechnung von a und b getrennt vorgenommen für die Temperaturen bis zu 400° einerseits, und für solche über 500° anderseits (Tab. 4). Dabei hat sich ergeben:

Für $t = -78^0$ bis $+400^0$: $a = 0{,}004\,149$; $b = 0{,}000\,008\,461$.
Für $t = 500^0$ bis 1009^0: $a = 0{,}009\,337$; $b = -0{,}000\,003\,928$.

Die Widerstandskurve für den Kupferdraht Nr. 2 (vergl. Fig. 7) zeigt in ihrem ganzen Verlauf keine Unregelmässigkeit, die eine gesonderte Berechnung der Koeffizienten für tiefere und höhere Temperaturen verlangen könnte. Aus der Berechnung (Tab. 7) sind folgende Grössen hervorgegangen:

Für $t = -78^0$ bis 924^0: $a = 0{,}003\,331$; $b = 0{,}000\,000\,853$.

Endlich habe ich für den Wismutdraht Nr. 2 im Temperaturintervall von -78^0 bis $+150^0$ nach Tabelle 9 folgende Werte gefunden:

$$a = 0{,}003\,917; \qquad b = 0{,}000\,002\,254.$$

Demnach würden sich nun für die untersuchten Metalle folgende Widerstandsformeln ergeben:

1. Für den erstmalig erwärmten Eisendraht Nr. 4:

A. $t = -191^0$ bis $+200^0$ C:

$$w_t = \overset{\Omega}{14{,}900}\,(1 + 0{,}003\,880\,t + 0{,}000\,002\,531\,t^2).$$

B. $t = 250^0$ bis 750^0:

$$w_t = \overset{\Omega}{14{,}900}\,(1 + 0{,}003\,012\,t + 0{,}000\,006\,196\,t^2).$$

2. Für den mehrmals erwärmten Eisendraht Nr. 4:

A. $t = -78^0$ bis 200^0:

$$w_t = \overset{\Omega}{10{,}193}\,(1 + 0{,}005\,487\,t + 0{,}000\,004\,592\,t^2).$$

B. $t = 250^0$ bis 780^0:

$$w_t = \overset{\Omega}{10{,}193}\,(1 + 0.004\,241\,t + 0{,}000\,009\,904\,t^2).$$

3. Für den Nickeldraht:

A. $t = -78^0$ bis 400^0:

$$w_t = \overset{\Omega}{6{,}7457}\,(1 + 0{,}004\,149\,t + 0{,}000\,008\,461\,t^2).$$

B. $t = 500^0$ bis 1009^0:

$$w_t = \overset{\Omega}{6{,}7457}\,(1 + 0{,}009\,337\,t - 0{,}000\,003\,928\,t^2).$$

4. Für den Kupferdraht Nr. 2:

A. $t = -78^0$ bis $+924^0$:

$$w_t = \overset{\Omega}{6{,}175}\,(1 + 0{,}003\,331\,t + 0{,}000\,000\,853\,t^2).$$

5. Für den Wismutdraht Nr. 2:

A. $t = -78^0$ bis $+150^0$:

$$w_t \overset{\Omega}{=} 15{,}922\,(1 + 0{,}003\,917\,t + 0{,}000\,002\,254\,t^2).$$

Nach diesen Berechnungen ist es interessant zu untersuchen, welchen relativen Änderungen der Widerstand der einzelnen Metalle bei den verschiedenen Temperaturen unterworfen ist, d. h. um wie viel er sich vergrössert, wenn die Temperatur je um einen Grad Celsius erhöht wird. Diese Beträge können leicht bestimmt werden, indem man in den gewünschten Punkten der jedem Metall entsprechenden Widerstandskurve (Fig. 6 und 7) die zugehörigen Tangenten zieht und den Quotient aus Ordinate und Subtangente berechnet. Dies ist für eine Reihe von Temperaturen für Eisen, Nickel und Kupfer ausgeführt und die Resultate in folgenden drei Tabellen Nr. 10, 11 und 12 zusammengestellt worden:

Tabelle 10.
Eisenwiderstand Nr. 4.

t	w	Wid.-Zunahme pro 1° C Temp.-Erhöhung
° C	Ω	Ω
— 78	6,0	0,050
0	10,2	0,056
+ 100	16,1	0,064
220	25,0	0,084
300	32,4	0,102
400	43,4	0,118
500	56,5	0,142
600	72,0	0,160
700	89,8	0,196
750	99,8	0,216
800	111,3	0,214
810	113,3	0,192
820	115,2	0,176
860	120,5	0,098
900	123,8	0,053
950	126,0	0,032
1000	127,5	0,028

Tabelle 11.
Nickelwiderstand.

t	w	Wid.-Zunahme pro 1° C Temp.-Erhöhung
° C	Ω	Ω
— 78	4,2	0,031
0	6,7	0,033
+ 100	10,2	0,039
200	14,5	0,049
250	17,0	0,055
300	20,0	0,063
325	21,6	0,072
350	23,4	0,079
370	25,1	0,087
400	27,4	0,070
425	29,0	0,056
450	30,1	0,046
500	31,7	0,031
600	34,7	0,027
700	37,2	0,025
800	39,6	0,024
900	41,9	0,022
1000	44,0	0,022

Um auch hier ein übersichtliches Bild über die Variabilität dieser Widerstandszunahmen zu geben, habe ich in den Fig. 8, 9 und 10 die Ergebnisse graphisch dargestellt. Als Abszissen wurden die

Tabelle 12.
Kupferwiderstand Nr. 2.

t	w	Wid.-Zunahme pro 1° C Temp.-Erhöhung
° C	Ω	Ω
— 78	4,5	0,0218
0	6,2	0,0218
+ 100	8,4	0,0218
200	10,6	0,0226
300	13,0	0,0234
400	15,3	0,0241
500	17,8	0,0250
600	20,3	0,0262
700	23,0	0,0277
800	25,9	0,0302
900	29,0	0,0344

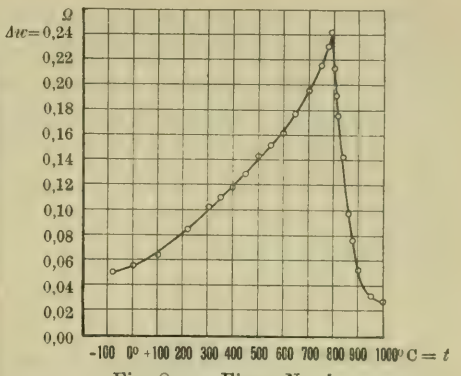


Fig. 8. — Eisen Nr. 4.
Δ w = Widerstandszunahme pro 1° C Temperaturerhöhung.

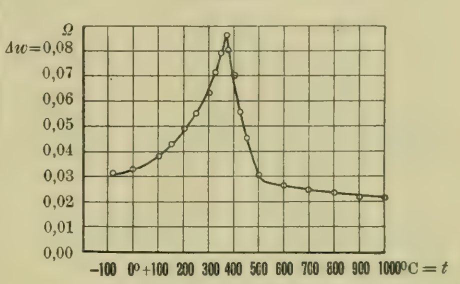


Fig. 9. — Nickel.
Δ w = Widerstandszunahme pro 1° C Temperaturerhöhung.

Temperaturen und als Ordinaten die jeweiligen Widerstandszunahmen pro 1° C Temperaturerhöhung aufgetragen. Der wahrscheinlichste Verlauf der Kurven ist leicht zu erkennen, wenn auch nicht alle Punkte mit der wünschenswerten Genauigkeit bestimmt werden konnten.

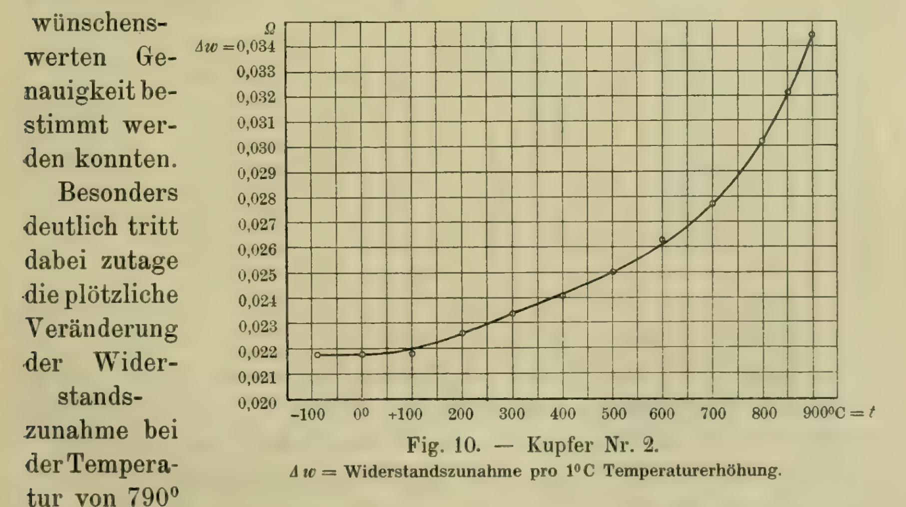


Fig. 10. — Kupfer Nr. 2.
Δ w = Widerstandszunahme pro 1° C Temperaturerhöhung.

Besonders deutlich tritt dabei zutage die plötzliche Veränderung der Widerstandszunahme bei der Temperatur von 790° für Eisen und bei 370° für Nickel, während ein solcher Umkehrpunkt beim Kupfer nicht nachgewiesen werden kann.

Auch aus diesen Betrachtungen geht deutlich *das anormale*

Verhalten der beiden magnetischen Metalle Eisen und Nickel hervor: Die relativen Widerstandszunahmen sind bis zu den ihren Metallen entsprechenden Entmagnetisierungstemperaturen starken Steigerungen unterworfen. Sind jene einmal erreicht, so erleidet das Metall plötzlich eine molekulare Umänderung, die zur Folge hat, dass fast alle seine physikalischen Eigenschaften ebenfalls verändert werden, insbesondere die, dass die relativen Widerstandszunahmen von sehr grossen plötzlich auf kleine Werte zurücksinken.

Zum Schluss dieses Abschnittes möchte ich auch noch zum Vergleich die Versuchsresultate anführen, die in den letzten Jahren auf diesem und verwandten Gebieten von verschiedenen Forschern erzielt worden sind:

Ernst Lecher[1]) hat im Jahre 1908 an Eisen- und Nickeldrähten im Vakuum bei hohen Temperaturen die spezifische Wärme bestimmt und zu diesem Zweck gleichzeitig den elektrischen Leitungswiderstand gemessen, aber für beide Grössen nur relative Werte angegeben. Er hat beispielsweise gefunden:

Nickel im Vakuum.

Temperatur	Widerstand	Spez. Wärme
23° C	925	4776
221	1840	5660
320	2534	6604
331	2630	6773
354	2828	7265
390	3022	6284
454	3238	6323
471	3298	6387
501	3368	6173
723	3997	6143

Eisen im Vakuum.

Temperatur	Widerstand	Spez. Wärme
24° C	473	564
198	915	801
318	1326	1030
560	2436	1333
656	2982	1491
744	3429	1713
850	4010	1517
948	4210	1260
25	476	558

Indem Lecher sein Hauptaugenmerk auf die Veränderungen der spez. Wärme richtet, kommt er zum Schluss, dass das Eisen bei einer Temperatur von 750° einen Umwandlungspunkt haben müsse. Er weist ferner darauf hin, dass Le Chatelier[2]) schon 1899 für Eisen mit 0,5 % Kohle eine Umwandlungstemperatur von 728° C erhalten hat und zwar aus den Untersuchungsresultaten über den Ausdehnungskoeffizienten.

---

[1]) Wiener Sitzungsberichte, Bd. 117, IIa.

[2]) Comptes Rendus 129.

Harrison[1]) hat ferner im Jahre 1904 gezeigt, dass die Permeabilität des Eisens bei 760° C plötzlich zu sinken beginnt, und bei 855° gänzlich verschwindet.

Nähere Untersuchungen an Nickel hat A. Batelli[2]) im Jahre 1888 vorgenommen. Ein kleiner Auszug aus seinen Resultaten zum Vergleich mit meinen entsprechenden Grössen (siehe p. 545) möge hier folgen:

$t = 0^\circ$ bis 220°: $a = 0{,}003\,981$; $b = -0{,}000\,0022$.
$t = 230^\circ$ bis 360°: $a = 0{,}004\,352$; $b = -0{,}000\,0018$.
$t = 380^\circ$ bis 410°: $a = 0{,}003\,322$; $b = -0{,}000\,0012$.

Weitere Versuche über das thermoelektrische Verhalten des Nickels haben ihm bestätigt, dass bei nahezu den gleichen Temperaturen Unregelmässigkeiten sich zeigen, bei denen auch das anormale Verhalten in Bezug auf den Widerstand sich einstellt.

V. Schluss.

Aus den vorliegenden Untersuchungen gehen folgende Tatsachen hervor:

1. Wird ein Eisendraht im luftleeren Raum auf eine Temperatur von ca. 1000° C gebracht und dann langsam abgekühlt, so ist, wieder bei der Anfangstemperatur angelangt, sein elektrischer Widerstand erheblich kleiner geworden. Wird dieses Experiment mehrmals wiederholt, so nähert sich die Widerstandsgrösse bei der Ausgangstemperatur mehr und mehr einem festen Grenzwert, der bis zu 31 % kleiner ist als der Anfangswert.

Nickel zeigt eine ähnliche Eigenschaft, nur beträgt dort der Rückgang höchstens 17 %, während beim Kupfer diese Änderung weniger als 1 % ausmacht.

2. Der elektrische Widerstand eines Eisendrahtes nimmt mit wachsender Temperatur immer rascher zu bis in die Gegend von 790° C. Mit noch höher steigender Temperatur vergrössert sich zwar der Widerstand auch noch, aber in viel geringerem Masse, als unterhalb dieser Temperatur.

Nickel zeigt auch in dieser Beziehung ein ähnliches Verhalten wie das Eisen, nur findet hier die Abbiegung in der Widerstandskurve (vergl. Fig. 7) schon in der Gegend von 370° C statt.

Kupfer weist im ganzen Versuchsintervall von —78° bis 924° keine solche Eigentümlichkeit auf, sondern ergibt eine überall nach unten konvex gekrümmte Kurve.

---

[1]) Phil. Mag. 6 VII.
[2]) Atti della R. Acc. di Torino 22.

Auch beim Wismut ist innerhalb des untersuchten Temperaturintervalles keine Unregelmässigkeit zum Vorschein gekommen.

3. Die Widerstandsvergrösserung von Eisen und Nickel pro ein Grad Temperaturerhöhung nimmt mit steigender Temperatur stetig zu bis zu dem Punkt, bei welchem das Metall seine Magnetisierfähigkeit verliert. Mit weitersteigender Temperatur fällt sodann jene Grösse beider Metalle plötzlich auf ganz geringe Werte herab.

Beim Kupfer ist immer nur ein Steigen, bis 900° C, nie ein Fallen nachweisbar.

* * *

Es ist leicht einzusehen, dass das Eisen, vermöge dieser Eigenschaften, sich als ganz vorzüglicher Stromregulator erweisen wird, wenn es sich darum handelt, in einem Stromkreis mit variabler elektromotorischer Kraft möglichst konstante Stromstärke zu erhalten. Sobald nämlich in einem geschlossenen Kreis, in welchem an irgend einer Stelle Eisen eingeschaltet ist, die elektromotorische Kraft des Stromerregers zu steigen beginnt, wird nach dem Ohmschen Gesetz zunächst auch die Stromstärke wachsen müssen, die ihrerseits, infolge der stärkern Erwärmung des Drahtes (Joulesches Gesetz), eine vermehrte Widerstandsvergrösserung mit sich bringt, also ein weiteres Anwachsen des Stromes verhindert, umsomehr, als die vom Strom produzierte Wärmemenge mit dem Quadrat der Stromstärke direkt proportional ist.

In der Technik finden heute solche Eisenvorschaltwiderstände tatsächlich schon ausgedehnte Verwendung, wie z. B. bei der Nernst'schen Glühlampe, deren Leuchtkörper aus Thoroxyd, Zirkonoxyd etc. erst bei hohen Temperaturen für den elektrischen Strom leitend werden und daher durch eine besondere Einrichtung vorerwärmt werden müssen. Kontrolliert man an einem Ampèremeter, das in den Stromkreis geschaltet wird, in welchem sich eine solche Lampe befindet, die Stromstärke, so kann man konstatieren, dass diese von einer gewissen Grenze an, ohne Vergrösserung der Spannung ganz von selbst zunimmt (infolge der bei höhern Temperaturen bessern Leitfähigkeit der Glühkörper), so, dass nach ganz kurzer Zeit schon der Glühkörper schmilzt. Wird dagegen der Lampe ein Eisenwiderstand vorgeschaltet, so wird jetzt durch ihn ein zu starkes Anwachsen des Stromes verhindert und damit die Lampe auch gesichert.

Bei der Untersuchung einer solchen Nernstlampe mit Eisenvorschaltwiderstand hat sich beispielsweise gezeigt, dass einer Spannungssteigerung von 6,2 Volt auf 20,8 Volt eine Vergrösserung der Stromstärke von 0,248 Amp. auf 0,260 Amp. gefolgt ist, also einer

Spannungszunahme von 235 % eine Stromverstärkung von nur 5 %. Ein anderer Versuch hat ergeben, dass eine Lampe, deren kritische Spannung auf 200 Volt angegeben war, mit Eisenvorschaltwiderstand bei 240 Volt, also bei einer Überschreitung der Maximalspannung um volle 20 %, noch leuchtete, ohne den geringsten Schaden zu nehmen. [1])

Diese Schutzwirkung des Eisenwiderstandes kann ferner zur Sicherung eines ganzen Netzes von Kohlenglühlampen ausgedehnt werden, indem man einen passend dimensionierten Eisendraht direkt hinter die Elektrizitätsquelle schaltet. Dadurch wird aber nicht nur die Lebensdauer sämtlicher Lampen vergrössert, sondern auch die Helligkeit, selbst bei grossen Spannungsschwankungen der Elektrizitätsquelle, fast konstant erhalten, was ebenfalls einen nicht zu unterschätzenden Vorteil bedeutet. Bei der Beleuchtung von Eisenbahnwagen bieten solche Eisendrähte den grossen Vorteil, dass sie von selbst die Ausgleichung der hohen Maschinen- und der tiefen Entladespannung der Akkumulatoren besorgen, und so ein Licht von konstanter Intensität ermöglichen.

Die Wirkungsweise dieser Eisenvorschaltwiderstände ist also, hier wie dort, eine ganz ähnliche wie sie die Pufferbatterien im Strassenbahnbetrieb ausüben, indem sie, wie diese, schädigende Stösse abschwächen.

---

[1]) O. Bussmann, Zeitschr. f. Elektrotechnik 15 (1903).

Notizen zur schweizerischen Kulturgeschichte.

Von

Ferdinand Rudio und Carl Schröter.

32. Die Eulerausgabe (Fortsetzung[1]).

Am 6. September 1909 beschloss die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft in ihrer Jahresversammlung zu Lausanne „die Herausgabe der gesamten Werke Leonhard Eulers in der Originalsprache, überzeugt, dadurch der ganzen wissenschaftlichen Welt einen Dienst zu erweisen". Heute, zwei Jahre später, liegen die zwei ersten Bände dieser Gesamtausgabe vor[2]). Bei dem tatkräftigen Interesse, das die Deutsche Mathematiker-Vereinigung dem Unternehmen hat zuteil werden lassen, ist es wohl gerechtfertigt, dass in dem Jahresbericht der Vereinigung über die beiden Bände kurz referiert werde.

Den Hauptinhalt des ersten Bandes bildet die berühmte Algebra Eulers, die in deutscher Sprache zuerst 1770 in Petersburg erschienen war. Vorher, 1768 und 1769, war schon eine russische Übersetzung veröffentlicht worden. Welche Rolle dieses Werk in der Literatur gespielt hat, geht allein schon aus der Tatsache hervor, dass von den Bearbeitungen und Übersetzungen die Titelkopien mit

---

[1]) Siehe die Notizen No. 29 (1910), 26 (1909), 24 (1908), und 22 (1907). Die vorliegende Notiz ist zuerst im Jahresbericht der deutschen Mathematikervereinigung 1911, S. 171—175, erschienen.

[2]) Leonhardi Euleri opera omnia. Sub auspiciis societatis scientiarum naturalium Helveticae edenda curaverunt Ferdinand Rudio, Adolf Krazer, Paul Stäckel.

Series I: Opera mathematica. Volumen 1: Vollständige Anleitung zur Algebra mit den Zusätzen von Joseph Louis Lagrange. Herausgegeben von Heinrich Weber. Mit einem Bilde von Euler nach dem Stiche von Mechel, einem Vorwort zur Eulerausgabe und der Lobrede von Nicolaus Fuss. (4⁰, XCV u. 651 S.) Leipzig und Berlin, Druck und Verlag von B. G. Teubner, 1911. Mk. 28.50.

Series III: Opera physica, Miscellanea, Epistolae. Volumen 3: Dioptrica. Edidi Emil Cherbuliez. Volumen prius. (4⁰, VIII et 510 p.) Lipsiae et Berolini, Typis et in aedibus B. G. Teubneri. 1911. Mk. 24.—

den zugehörigen bibliographischen und historischen Notizen in Eneströms Verzeichnis der Schriften Leonhard Eulers zehn Druckseiten füllen.

Die Algebra zerfällt in zwei Teile. Der erste Teil (p. 9—208) handelt in drei Abschnitten „Von den verschiedenen Rechnungs-Arten mit einfachen Grössen", „Von den verschiedenen Rechnungs-Arten mit zusammengesetzten Grössen" und „Von den Verhältnissen und Proportionen". Der zweite Teil (p. 211—498) besteht aus zwei Abschnitten, in denen „Von den algebraischen Gleichungen und derselben Auflösung" und „Von der unbestimmten Analytic" gesprochen wird.

Über die Entstehung des Werkes, das sehr wahrscheinlich schon 1765, also noch in Berlin, begonnen worden war, gibt der (vermutlich von Johann Albrecht Euler verfasste) „Vorbericht" Auskunft. Wir erfahren daraus, dass Euler, seines Gesichtes beraubt, das Werk durch einen „jungen Menschen, den er mit sich aus Berlin zur Aufwartung genommen hatte" und der „seines Handwerks ein Schneider war", hat niederschreiben lassen, und dass dieser, der doch nur „unter die mittelmässigen Köpfe" gehörte, im Verlaufe der Arbeit durch seinen grossen Lehrer in den Stand gesetzt wurde, die „Buchstabenrechnungen gantz allein auszuführen und alle ihm vorgelegte Algebraische Aufgaben mit vieler Fertigkeit aufzulösen". Mit Recht hebt der Vorbericht diese Tatsache als einen Beweis für die leichte Verständlichkeit des Werkes hervor, und er schliesst dann mit den Worten: „Ausser diesem für sich schon grossen Vorzug werden die Kenner besonders die Lehre von den Logarithmen und ihre Verbindung mit den übrigen Rechnungs-Arten, so wie auch die für die Auflösung der cubischen und biquadratischen Gleichungen gegebenen Methoden mit Vergnügen lesen und bewundern. Die Liebhaber der Diophanteischen Aufgaben aber werden sich über den letzten Abschnitt des zweyten Theils freuen, in welchem diese Aufgaben in einem angenehmen Zusammenhange vorgetragen, und alle zu ihrer Auflösung erforderliche Kunstgriffe erklärt worden sind."

Dieser letzte Abschnitt „Von der unbestimmten Analytic" (p. 326—498) ist nicht nur der umfangreichste, sondern auch der wissenschaftlich interessanteste Teil des Werkes. Man findet darin z. B. die Beweise für die Unmöglichkeit der Fermatschen Gleichung $x^n + y^n = z^n$ für $n = 3$ und $n = 4$. Aufs innigste verbunden mit diesem Abschnitt sind die „Additions à l'analyse indéterminée", die Lagrange zu der 1774 in Lyon erschienenen von Johann III Bernoulli besorgten Übersetzung der Eulerschen Algebra verfasst hatte. Es stand daher von vornherein fest, dass diese „köstlichen Zusätze zur Algebra", wie sie Kronecker in seinen Vorlesungen

stets nannte, in der Eulerausgabe nicht fehlen durften. Sie füllen die Seiten 499—651.

Die Additions von Lagrange sind zwar wiederholt neu aufgelegt worden (in den verschiedenen Auflagen der französischen Übersetzung der Algebra und dann auch in der von Serret besorgten Ausgabe von Lagranges Werken), es erschien aber angemessen, bei dem Abdruck die erste Ausgabe von 1774 zugrunde zu legen, da nicht feststeht, wie weit Lagrange bei den Änderungen, die die späteren Auflagen aufweisen, selbst beteiligt war. Indessen sind alle diese Änderungen, soweit sie nur irgendwie in Betracht kommen, in den Anmerkungen notiert worden, so dass der Leser der neuen Ausgabe zugleich auch im Besitze aller vorhandenen Varianten ist.[1]) Dass auch bei den Additions, wie bei der Algebra, die vorkommenden Fehler (die sich meist durch alle Auflagen mit Einschluss der von Serret hindurchziehen) sorgfältig verbessert worden sind (teils stillschweigend, teils durch Anmerkungen), braucht wohl nicht weiter ausgeführt zu werden.

Der Band wird eröffnet durch ein „Vorwort zur Gesamtausgabe der Werke von Leonhard Euler". Dieses Vorwort enthält zunächst die Geschichte des Unternehmens — eine Geschichte nicht gewöhnlicher Art. Kühne Pläne, stolze Hoffnungen, Enttäuschung und Entsagung, das sind die Kennzeichen eines Zeitraums, der mehr als sechs Jahrzehnte umfasst. Und doch hatten Männer wie P. H. v. Fuss und C. G. J. Jacobi ihre ganze Kraft in den Dienst des Unternehmens gestellt!

Erst das Jahr 1907, in dem der zweihundertste Geburtstag Eulers gefeiert wurde, brachte die entscheidende Wendung. Nachdem sich die Schweizerische Naturforschende Gesellschaft des Planes einer Eulerausgabe angenommen hatte, gelang es, in der mathematischen Welt des ganzen Erdballes eine Begeisterung zu entfachen, wie sie in der Geschichte der Wissenschaft wohl ohne Beispiel dasteht. Nach zweijähriger Arbeit waren die wissenschaftlichen Grundlagen gelegt, waren die Mitarbeiter gewonnen und war die auf etwa eine halbe Million Franken veranschlagte Kostensumme durch Subventionen und Subskriptionen vollständig gedeckt.

---

[1]) Bei dieser Gelegenheit möge auch mitgeteilt werden, warum bei der Algebra die Auflage von 1770 und nicht die von 1771 zugrunde gelegt worden ist. Zunächst ist zu sagen, dass beide Ausgaben bis auf einige unbedeutende Abweichungen in der Orthographie und der Interpunktion völlig miteinander übereinstimmen. Da aber der zweite Teil der Ausgabe von 1771 ein verunglücktes Titelblatt besitzt und der Redaktionsplan für die Eulerausgabe die Reproduktion der Titelblätter in Faksimile vorschreibt, so war damit die Auflage von 1771 ausgeschlossen.

Mit den wissenschaftlichen Grundlagen der Eulerausgabe beschäftigt sich eingehend der zweite Teil des Vorwortes. Man findet darin die genaue Einteilung des auf 45 Quartbände berechneten Werkes sowie die Grundsätze, die für die gesamte Redaktion massgebend sein sollen.

Auf das Vorwort folgt die Lobrede auf Herrn Leonhard Euler, verfasst von Nicolaus Fuss. Warum unter den vielen Lebensbeschreibungen Eulers gerade diese ausgewählt wurde, ist in dem Vorwort auseinandergesetzt. „Wie nach Eulers Tode niemand berufener war, in der Petersburger Akademie die Gedächtnisrede auf den grossen Mathematiker zu halten, als Nicolaus Fuss, so ist auch unter allen Lebensbeschreibungen Eulers keine, die mit grösserem Rechte an die Spitze einer Eulerausgabe gestellt werden könnte, als eben die Rede, die Fuss damals, am 23. Oktober 1783, gehalten hat. Niemand wird sie ohne tiefe innere Bewegung lesen, auch wenn ihm nichts über die näheren Beziehungen ihres Verfassers zu dem Gefeierten bekannt wäre."

Die hier abgedruckte „Lobrede" ist die von Fuss selbst verfasste „und mit verschiedenen Zusätzen vermehrte" Übersetzung seines in der Petersburger Akademie gehaltenen „Eloge". Die Übersetzung mit der Widmung „An mein Vaterland" war 1786 in Basel auf Kosten des Staates gedruckt worden. Sie war geziert mit einem Bilde, das der Basler Kupferstecher Christian von Mechel (1737 bis 1817) nach dem von dem Basler Maler Emanuel Handmann (1718—1781) im Jahre 1756 gemalten Ölbilde Eulers gestochen hatte.[1]) Aus diesem Grunde wurde auch eine Reproduktion dieses Stiches, eine von G. A. Feh in Zürich ausgeführte Heliogravüre, dem Bande als Titelblatt vorangestellt. —

Nachdem der erste Band der Eulerausgabe am 1. August, dem Tage der Schweizerischen Bundesfeier, in Solothurn der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft überreicht worden war, konnte wenige Wochen später auf der Naturforscherversammlung in Karlsruhe zugleich mit diesem auch der zweite Band der Deutschen Mathematiker-Vereinigung vorgelegt werden. Dabei sei hier gleich ge-

[1]) Bei Übersendung eines Exemplares der Lobrede an J. S. Wyttenbach in Bern schrieb Mechel: „Hier zum freundschaftlichen Grusse ein Exemplar des auf Kosten unseres Staats zu Ehren des unsterblichen Eulers gedruckten Lobs von seinem Schüler und würdigen Nachfahren, Hrn. Prof. Fuss . . . . Sie sehen daraus, dass unsere Vaterstadt den Verdiensten huldiget und zur guten Nachahmung es öffentlich bezeugt. In diesem Werk ist alles von hier, ein wahres Opus Basileense. Der Belobte, der Lobende, der Drucker, der Schriftschneider, der Papierer und der Graveur, alles von Einem Ort. Man hat hierin eine kleine Eitelkeit gesucht. Möge sie oft statt haben."

sagt, dass die Bände nicht in der Reihenfolge der Einteilung, sondern zwanglos erscheinen werden. Bei einem so gewaltigen Unternehmen würde ein Festhalten an jener Reihenfolge ganz unnötige Verzögerungen herbeiführen und zu den Schwierigkeiten, die schon gerade zahlreich genug sind, nur noch neue hinzufügen. Der vorliegende zweite Band ist der dritte der dritten Serie und enthält die erste Hälfte der Dioptrica.

Die Dioptrik, ein Werk von geradezu klassischer Schönheit[1]), das aber leider viel zu wenig bekannt ist, ist in drei Teilen in den Jahren 1769, 1770 und 1771 in Petersburg erschienen. Euler hatte sich darin vorgenommen, „alles, was er in dem Laufe von dreyssig Jahren zur Verbesserung der optischen Werkzeuge und ihrer Theorie gethan hatte, in ein besonderes Werk zusammen zu fassen". Nach Fuss wurde die Redaktion durch W. L. Krafft besorgt. Von dem Werk selbst sagt Fuss in der „Lobrede": „Der erste Theil dieses wichtigen Werks enthält die allgemeine Theorie dieser neuen Wissenschaft. Man wird mir dieses Beywort erlauben, wenn man bedenkt, dass die Dioptrik ihre itzige Gestalt blos Eulern zu danken hat, und dass sie vor dem durch ihn vorbereiteten Zeitpunkt kaum den Namen einer Wissenschaft verdiente. Die ausschweifende Länge, welche man den Fernröhren vor der Erfindung zusammengesetzter Objektive zu geben genöthiget war, um einen beträchtlichen Grad von Vergrösserung zu erhalten und die durch die Regenbogenfarben entstehende Verwirrung in der Abbildung der Gegenstände, hatte die Astronomen gezwungen, dem Gebrauch dioptrischer Fernröhre gänzlich zu entsagen. Die Berechnung der vortheilhaftesten Zusammensetzung so wohl dieser Werkzeuge als der in ihre Stelle getretenen Spiegelteleskope war ein wahres Chaos, und obgleich die Aufgabe blos in die elementare Geometrie gehört und nur eine geringe Kenntnis der Infinitesimalrechnung erfordert, so war man doch in seiner Auflösung so sehr zurückgeblieben, dass man die Fortschritte der Theorie nur von Eulern an zählen kann.

Der zweyte und dritte Theil seines dioptrischen Werkes enthält vollständige Regeln für die beste Zusammensetzung der Fernröhre, der Spiegelteleskope und der Mikroskope. Die Berechnung der von der Kugelgestalt der Gläser herrührenden Abirrung der Lichtstrahlen ist ein Meisterstück der feinsten Analyse. . . ."

---

[1]) Die Eleganz der Formeln kommt freilich erst in der neuen Ausgabe so recht zur Geltung; Euler würde selbst seine helle Freude daran haben. Es ist zu erwarten, dass das Werk in dem neuen Gewande, befreit zugleich von den vielen Druck- und Rechenfehlern der ersten Ausgabe, eine wahre Auferstehung feiern werde.

Da die Dispositionen der Eulerausgabe eine Wiedergabe des Werkes weder in einem Bande noch in dreien erlaubt hätten, so wird die Dioptrica in zwei Bänden erscheinen, wobei es sich hat einrichten lassen, dass beide fast denselben Umfang besitzen werden. Das vorliegende Volumen prius umfasst den ersten Teil (p. 7—261) und von dem zweiten die beiden ersten Sektionen (p. 269—510). Das Volumen posterius, das schon zur Hälfte gesetzt ist und daher bald erscheinen kann, wird den Rest des zweiten Teiles, nämlich die dritte Sektion und den Appendix, enthalten und sodann den dritten Teil. Der erste Teil (p. 7—261) beschäftigt sich in sieben Kapiteln mit den allgemeinen Grundlagen, die für den Durchgang des Lichtes durch eine oder mehrere Linsen und für die dadurch erzeugten Bilder bestehen. Dabei werden sowohl einfache als zusammengesetzte Linsen behandelt, und unter diesen wieder solche, die aus derselben Glasart oder aus verschiedenen Glasarten bestehen, wie sie Dollond zur Aufhebung der farbigen Ränder konstruiert hat. Die Konstruktion dioptrischer Instrumente im allgemeinen bildet den Schluss des ersten Teils.

Der ganze zweite Teil mit Einschluss des Appendix ist der Konstruktion der Teleskope gewidmet. Euler unterscheidet drei Hauptarten von Teleskopen und behandelt diese der Reihe nach in den drei Sektionen des zweiten Teiles, von denen aber, wie schon bemerkt, nur die zwei ersten dem vorliegenden Volumen prius angehören. —

Zum Schlusse darf mit dankbarer Anerkennung der grossen Sorgfalt gedacht werden, die die Firma B. G. Teubner der Ausstattung der vorliegenden Bände hat zuteil werden lassen. Man kann darin eine Gewähr erblicken, dass das Werk auch fernerhin seinem monumentalen Charakter entsprechend behandelt und durchgeführt werde.

* * *

Seit die vorstehenden Zeilen geschrieben worden sind, hat die Eulerausgabe weitere, nicht unbeträchtliche Fortschritte zu verzeichnen. Heute, März 1912, liegt auch der zweite Band der Dioptrik (Volumen posterius) gedruckt vor. Ferner sind der erste und zweite Band der von P. Stäckel herausgegebenen Mechanik fertig. Ihre Ausgabe wird in den nächsten Wochen erfolgen, so dass bis Mitte 1912 sicher 5 Bände vorliegen werden. An dem von A. Krazer herauszugebenden Bande über die elliptischen Integrale wird fleissig gesetzt; er wird auch noch im laufenden Jahre 1912 erscheinen können.

33. Nekrologe.

Philipp Stöhr (1849—1911, Mitglied der Gesellschaft seit 1889).[1])

Sonntag, den 5. November, starb zu Würzburg Professor Philipp Stöhr, von 1889—1897 Professor für Anatomie an unserer Hochschule. In ihm verlieren seine Universität einen gottbegnadeten Lehrer und Organisator von aussergewöhnlichem Talent, die Wissenschaft einen erfolgreichen Forscher, seine Kollegen und Schüler einen warmherzigen Freund, die Armen und Kranken ihren stillen Wohltäter.

Philipp Stöhr wurde geboren zu Würzburg am 13. Juni 1849. Er besuchte in seiner Vaterstadt Volksschule, Mittelschule und Universität. Im Jahre 1873 erwarb er sich mit der Arbeit „Ueber den Conus arteriosus der Selachier, Chimären und Ganoiden" den Doktortitel, im Frühjahr 1874 vollendete er sein medizinisches Studium durch Ablegung des Staatsexamens. Dann verliess er Würzburg, um auf anderen Universitäten seine Ausbildung zu vervollkommnen: Sommersemester 1874 war er bei His in Leipzig; Wintersemester 1874/75 übernahm er eine Assistentenstelle bei Budge in Greifswald, Sommer 1875 eine solche bei Hasse in Breslau. Von dort rief ihn 1877 Kölliker nach Würzburg zurück und übertrug ihm das Prosektorat für vergleichende Anatomie, Histologie und Embryologie. In dieser Stellung habilitierte er sich 1879 mit der Arbeit „Ueber die Entwicklung des Urodelenschädels". 1882 übernahm er am selben Institut die Prosektur für menschliche Anatomie und 1884 das neugeschaffene Extraordinariat für topographische Anatomie. 1889 folgte er einem Ruf als Nachfolger H. v. Meyers und teilweise Freys nach Zürich. Als 1897 Kölliker die Professur für Anatomie in Würzburg niederlegte, bezeichnete er Stöhr als den ihm erwünschten Nachfolger und Mitarbeiter; 1902 trat er an ihn auch die Mikroskopie und die Entwicklungsgeschichte ab.

Stöhrs wissenschaftliche Tätigkeit umfasst ein grosses Gebiet. Ich kann an diesem Orte selbstverständlich nur auf Weniges und auch auf das nur in grossen Zügen eingehen. Er entdeckte die Durchwanderung der weissen Blutkörperchen durch das Epithel der Schleimhäute und studierte sie in einer Reihe eingehender Arbeiten an Mandel und Darm. Dann forschte er nach der Herkunft der Leukocyten, bearbeitete die Entwicklung der Lymphknoten und des adenoiden Gewebes und stellte fest, dass beide sich durch Auswanderung massenhafter weisser Blutkörperchen aus den Blutgefässen in das embryonale Gewebe entwickelten. Er lenkte dabei die Aufmerksamkeit seiner Fachgenossen auf den Einfluss, den zugrunde gehende epitheliale Gebilde auf die Anhäufung adenoiden Gewebes hätten. In allen diesen Arbeiten erwies er sich als Anhänger der Lehre von der Spezifität der Keimblätter, d. h. der Lehre, dass die drei Keimblätter nur ganz bestimmte Gewebe entwickeln können und dass keines das andere in seiner Tätigkeit vertreten kann. Alle lymphoiden Gewebe sind nach ihm Abkömmlinge des mittlern Keimblattes. Diese Grundanschauung zwang ihn zur Bearbeitung der Thymusentwicklung, weil eine Reihe von Forschern diese Drüse als Quelle der Leukocytenbildung angaben und damit den Versuch machten, die weissen

[1]) Der vorliegende Nekrolog ist zuerst in No. 316 (14. November), 1911, der Neuen Zürcher Zeitung erschienen. Der Verfasser, Herr Prof. Dr. W. Felix, mit dessen gütiger Erlaubnis wir ihn abdrucken, hat die Freundlichkeit gehabt, noch einige ergänzende Notizen hinzuzufügen.

Blutkörperchen auch aus dem innern Keimblatt abzuleiten. Die Thymus ist nach ihm eine rein epitheliale Drüse, allerdings mit besonderer Differenzierung der epithelialen Zellen; sie bildet aber zu keiner Zeit den Mutterboden weisser Blutkörperchen. Eine zweite Gruppe grösserer Arbeiten beschäftigt sich eingehend mit dem Bau der Speicheldrüsen und untersucht in erster Linie die Bildung des Sekretes. Die Frage, ob Drüsenzellen nach geleisteter Arbeit zugrunde gehen, oder nur ein Ruhe- und Erholungsstadium durchmachen, wurde zugunsten der zweiten Möglichkeit entschieden. Andere Einzelarbeiten beschäftigen sich mit dem Bau der Magenschleimhaut, der mikroskopischen Anatomie des Auges, des Gehirns, dann wieder fesselte ihn die Entwicklung der Bauchspeicheldrüse. In seine letzte Zeit fallen wieder mehrere Arbeiten über Bau und Entwicklung unserer Wollhaare; hier bringt er wesentlich Neues über den Durchbruch der Haare durch die Haut und über den Haarersatz. Seine Habilitationsschrift war eine eingehende Untersuchung über die Entwicklung des Urodelenschädels.

In allen diesen Arbeiten fallen die Klarheit der Sprache, die scharf begrenzte Fragestellung, die sichere Führung der Untersuchung und die meisterhaft gezeichneten Figuren auf. Sein Lebenswerk aber war sein Lehrbuch der Histologie und mikroskopischen Anatomie, das in erster Auflage 1886 bei Gustav Fischer erschien. Das Buch hat seitdem einen Siegeszug durch das ganze deutsche Sprachgebiet angetreten und ist in alle Kultursprachen übersetzt worden; es liegt heute in 14. Auflage vor. Obwohl die letzten Auflagen alle in 4000 Exemplaren gedruckt wurden, musste jedes zweite Jahr eine neue Auflage erscheinen. Das Lehrbuch gab dem Leser in wunderbarer Klarheit, in nachahmenswerter Kürze und doch vollständig die Lehre von der Zelle, den Geweben und dem mikroskopischen Aufbau der Organe. An jedes einzelne Gebiet schloss sich ein besonderer Abschnitt über die Herstellung der Präparate zu seinem speziellen Studium. Jede einzelne Methode — und es waren deren hunderte — war peinlichst ausprobiert; auf die Minute genau wurde angegeben, wie lange ein einzelnes Organstück, oder ein Schnitt in den verschiedenen Flüssigkeiten, die sie bis zur Fertigstellung zum mikroskopischen Gebrauch zu passieren hatten, verweilen mussten, wie die einzelnen Flüssigkeiten herzustellen, welche Vorsichtsmassregeln anzuwenden seien, kurzum die Angaben waren so sorgfältig, dass auch der Anfänger mit ihnen sofort arbeiten und brauchbare Ergebnisse erzielen konnte. Die sich in immer kürzern Zeitabschnitten drängenden Neuauflagen gaben ihm immer wieder die willkommene Gelegenheit, alles aufs neue durchzugehen, neue mit alten Methoden zu vergleichen und jedes neue Forschungsergebnis, war es auch noch so klein, dem Texte einzuverleiben. So ist das Stöhrsche Buch allmählich zu dem Lehrbuch der Histologie geworden, das heute in den Händen eines jeden Studenten und in dem Bücherschatz eines jeden mikroskopischen Laboratoriums zu finden ist, einem Buch, das Schüler, Lehrer und Forscher gleichermassen als unentbehrlich betrachten.

Stöhr war ein Lehrer von Gottes Gnaden. Die Leichtigkeit und Lebhaftigkeit des Sprechens, die strenge Selbstzucht, die fast nie ein Versprechen aufkommen liess, die Klarheit und Einfachheit des Vortrages, die glückliche Wahl der Bilder fesselten jeden Zuhörer. Er war ein Mann, der nicht bloss mit der Zunge, der auch — wenn es not tat — mit Hand und Fuss reden konnte. Man muss ihn in seinem Hörsaal gesehen und gehört haben; in

dem Manne lebte in diesem Moment nur der eine Gedanke, wie kann ich das Verständnis meiner Zuhörer erzwingen. Dieser Kampf um den Ausdruck spiegelte sich in seinem Gesichte wieder; der ganze Körper bewegte und krümmte sich und dann kam es heraus in lapidaren Sätzen; da gab es kein noch so schwieriges Problem, keine noch so komplizierte Form, leicht und fast selbstverständlich floss alles aus seinem Munde und wurde so klar, dass auch der Minderbegabte freudig folgen konnte. Sein Kolleg zu hören war ein genussreiches Lernen; ein Nichtaufpassen, ein nur momentanes Abweichen vom Vortrag war unmöglich, der Lehrer packte den Zuhörer und hielt ihn unwiderstehlich bis zum Schlusse fest.

Sein Vortrag wurde durch ein seltenes Dispositionstalent unterstützt. Jede Stunde hatte ihre bestimmte Aufgabe, jede Figur ihren bestimmten Platz, jeder Farbenstrich in ihr eine bestimmte Bedeutung. Das Institut, dem er vorstand, hatte nach seiner Meinung in allererster Linie die Aufgabe, dem Schüler das Beste zu bieten, und erst, wenn das erreicht war, durfte an eigene Arbeit gedacht werden. Zur Kontrolle und zu besserm Verständnis seines Vortrages hatte er mustergiltige Demonstrationen eingerichtet, da lag kein makroskopisches Präparat auf, das nicht bis in alle Details in sinnreicher Weise bezeichnet war, kein Mikroskop war aufgestellt, das nicht neben sich die genaue mikroskopische Zeichnung des eingestellten Präparates hatte. Als Stöhr 1889 nach Zürich kam und seine Art des Demonstrierens einzuführen begann, musste alles erst neu geschaffen werden, da gab es in den ersten zwei Semestern für ihn keinen freien Sonntag; rastlos und ruhelos wurde gearbeitet, alle Hilfskräfte des Institutes wurden aufs Höchste angespannt und arbeiteten freudig mit, und wenn dann am Samstag durch die gemeinsame Arbeit aller eine Riesendemonstration möglich wurde, dann kamen seine glücklichsten Stunden, wenn er zwischen den sich drängenden Besuchern — es waren sehr häufig ältere Mediziner, junge und alte Kollegen dabei — erklärend und ordnend auf und ab eilen konnte. Als ihn 1897 ein ehrenvoller Ruf in seine Vaterstadt zurückrief, da schied er schweren Herzens von seiner Sammlung und noch schwereren Herzens unterzog er sich der Aufgabe, von neuem anzufangen und die Riesenaufgabe noch einmal auf sich zu nehmen. Nur der Gedanke, dass weitere Räume und grössere Mittel ihm ermöglichten, das Erprobte noch weiter auszudehnen, den Unterricht noch besser zu gestalten, waren ihm Trost und Ermunterung. Und wie hat er die neue Aufgabe gelöst! Die Studiensäle der Würzburger Anatomie sind eine Mustereinrichtung für alle andern Universitäten geworden; sie stellen ein ungedrucktes Lehrbuch der Anatomie dar.

Meine Skizze wäre unvollständig, gedächte ich nicht auch des Menschen Stöhr. In seiner Grabrede schilderte ihn der Würzburger Rektor mit einem Satze, er war ein Mann, kerzengrad und aufrecht, streng wahrhaftig, geistvoll, lebensprühend und von hinreissender Liebenswürdigkeit. Dem unvergesslichen Krönlein, dem er durch innige Freundschaft verbunden war, war er auch darin gleich, dass es für ihn kein Kompromiss gab; deine Rede sei ja ja und nein nein, nach diesem Grundsatz bestimmte er sein Handeln und, was er für recht hielt, zu dem stand er, mochte daraus folgen, was da wollte. Wen er als unwahr, oder auch nur als halb erfand, dem konnte er seine Meinung so urdeutsch sagen, dass ihm noch tagelang Ohr und Hirn dröhnten. Dem Fernerstehenden erschien er manchmal rauh und

doch war sein ganzes Wesen von einem goldigen Humor durchleuchtet, schlug in der scheinbar rauhen Schale ein Herz so liebevoll und so liebebedürftig! Welch ein Freund und Kollege war er, wie zartfühlend konnte er den Schmerzgebeugten trösten und wie genoss er mit den Fröhlichen jede heitere Stunde. Wo er auch später seine Zürcher Freunde traf, stets brachten sie ihm Festtage und stets wusste er auch ihnen die Stunden der Begegnung unvergesslich zu machen. Und wie hing er an Zürich; sein feines Musikverständnis, seine Freude an der Natur machten ihm den Zürcher Aufenthalt zu einem köstlichen Genuss und Jahr für Jahr kehrte er bei uns ein, sich zu verjüngen, wie er sagte. An seine Türe hat selten ein Bedürftiger vergeblich geklopft; regelmässig trafen für seine Zürcher Klienten auch nach seinem Weggange die Geldbeträge ein und am Grabe rühmte der Priester die stille, reiche Wohltätigkeit des Verstorbenen.

Schon in dem letzten Sommersemester mehrten sich ihm die körperlichen Beschwerden; in den Ferien traf ihn ein leichter Schlaganfall; er erholte sich wieder, aber seine Kraft war gebrochen. Im Kreise seiner Freunde traf ihn der zweite tödliche Schlag. Lautlos und schmerzlos sank er um und ist nicht mehr erwacht. Sein Andenken wird in den Herzen seiner Freunde und Schüler fortleben.

Kaspar Escher-Hess (1831—1911, Mitglied der Gesellschaft seit 1856, Quästor von 1858 bis 1874 und von 1876 bis 1887).[1]

Am 9. Februar 1831 wurde im Hause zum Brunnen, damals am Fröschengraben, jetzt an der Bahnhofstrasse, der verstorbene Kaspar Escher-Hess geboren. Das Haus zum Brunnen, früher ein Gossweiler-Haus, war vor etwa hundert Jahren an die Escher-Familie übergegangen durch die Verbindung des Grossvaters des Verstorbenen mit der Kleophea Gossweiler. In diesem Hause beendigte K. Escher auch seinen Lebenslauf am 11. Dez. 1911.

Die Eltern des Verstorbenen, Hans Conrad Escher und seine Gattin Frau Anna Kleophea Meier, sorgten für eine treffliche Erziehung des Knaben sowie seiner drei Brüder und zweier Schwestern. Kaspar besuchte die zürcherischen Schulen bis zum untern Gymnasium und wurde dann durch Privatunterricht für den von ihm gewählten Beruf eines Kaufmanns weiter vorgebildet. Im Jahre 1849 verstarb der Vater und es lag nun die Erziehung der zahlreichen Kinder der Mutter allein ob. Glücklicherweise war sie eine sehr einsichtige und energische Frau, die nun mit grösster Hingabe und Selbstaufopferung ihrer Aufgabe oblag. Von ihr gingen denn auch viele von den trefflichen Eigenschaften, die den Verstorbenen ausgezeichnet, namentlich auf diesen Sohn über; so sein emsiger Fleiss, eine ungewöhnliche Selbstbeherrschung, ein weitgehendes Pflichtgefühl und die fromme Gesinnung. Kaspar war auch im Aeussern unter seinen Geschwistern am meisten der Mutter ähnlich.

Nach einer kurzen Lehrzeit im väterlichen Handelsgeschäft trat Kaspar seine Fremdezeit an und machte einen zweijährigen Aufenthalt zum Teil in Havre, zum Teil in Liverpool. Bald nach seiner Rückkehr aus der Fremde

[1]) Der von C[onrad] E[scher] verfasste Nekrolog ist zuerst in No. 355 (23. Dezember), 1911, der Neuen Zürcher Zeitung erschienen.

trat aber eine grosse Veränderung im väterlichen Geschäft ein; dieses, bisher Baumwoll-Handel und -Spinnerei, ging nun zur Floretseide und namentlich Floretspinnerei über. Es richtete zuerst in der Werdmühle, etwas unterhalb des Rennwegtores (etwa in der Gegend der jetzigen Uraniastrasse) eine kleinere Spinnerei ein und später das grosse Etablissement auf dem obern und untern Mühlesteg. Hier verbrachte der Verstorbene die grösste Zeit seines Lebens und widmete dem Geschäft seine volle Aufmerksamkeit und seine schönste Kraft. Im Jahre 1856 unternahm Kaspar Escher, teils zu geschäftlichen Zwecken, teils zu seiner allgemeinen Ausbildung, eine längere Reise nach Aegypten. Er brachte von der Reise eine Menge schöner Eindrücke mit nach Hause und erinnerte sich auch später noch gerne an das von ihm damals Erlebte. Im Frühjahr 1857 vermählte sich der Verstorbene mit Pauline Elisabetha Hess, mit welcher er in glücklichster Ehe lebte. Im Jahre 1907 war es ihm vergönnt, mit seiner Gattin die goldene Hochzeit zu feiern, doch verfiel die damals schon mehrfach Angegriffene in eine schwere Krankheit, die auch jetzt noch andauert, so dass der Verstorbene, der alles tat, um seiner treuen Gefährtin das Dasein zu erleichtern, sie nicht überlebte und sie in ihrem recht hilflosen Zustand unfreiwillig zurücklassen musste. Aus dieser Ehe entsprossen zwei Kinder, eine Tochter und ein Sohn, Herr Dr. A. Escher, Privatdozent, für deren Erziehung und Wohlergehen der Vater stets aufs treueste besorgt war.

Neben seinem Berufe schenkte K. Escher-Hess namentlich den Naturwissenschaften in ihren verschiedenen Zweigen und der Natur, wie sie sich uns tagtäglich darstellt, die grösste Aufmerksamkeit. Namentlich im Hochgebirge war er wie zu Hause, kannte seine Topographie und jeden Berggipfel der mittlern Schweiz aufs genaueste. Ein grosser Genuss war ihm immer eine kleinere Bergtour, auf welcher er einen oder mehrere Berge erstieg. Nicht sportsmässig wurde aber dabei vorgegangen; er machte seine Besteigungen in aller Stille und sah sich nie veranlasst, sich dabei einer besonderen Kleidung zu bedienen. Er liebte immer das Hergebrachte, wenn es gut war und ging davon nicht ab, ausser wenn er sich davon überzeugte, dass noch etwas Besseres an seine Stelle treten könne. Bei diesen Touren war er immer ein feiner Beobachter der Natur und beachtete und erkannte manches in dem stillen Walten derselben, an dem ein anderer achtlos vorüberging. Auch in der schönen Umgebung unserer Stadt streifte er gerne herum, und es waren ihm auch hier die besondern Merkwürdigkeiten, die die Natur bietet, nicht fremd. Einen besonderen Genuss bereiteten ihm die natürlichen Beleuchtungen der Seegestade wie der Höhen, die unsern See umgeben. Wie gerne schaute er über den Seespiegel hinauf, auch bei trüber Witterung, wenn etwa die Abendsonne zwischenhinein die Rossweid oder die Wäggitaler Berge für kurze Zeit beschien!

Nicht unerwähnt soll hier das Interesse bleiben, das Escher jederzeit dem schweizerischen Militärwesen schenkte. Er war ein tüchtiger und eifriger Milizoffizier im besten Sinn des Wortes; er diente bei der Infanterie und stieg in dieser Waffe vom Unterleutnant bis zum Bataillonskommandanten auf. Letztere Charge besteht nun nicht mehr, indem nun der Major der Bataillonschef ist, während er bis zum Jahre 1875 nach unserer Militärorganisation, als Gehilfe und Stellvertreter dem Kommandanten beigegeben war. K. Escher hat den Namen eines Kommandanten bis zu seinem Tode ge-

tragen; es gibt von diesen Kommandanten jetzt nur noch wenige. Er trug ihn mit Ehren und seine Soldaten wussten, dass er sie mit Einsicht und treuer Hingebung führen würde; sie erkannten auch in ihm gewissermassen ihren Vater.

Es mögen hier zwei Episoden aus Kaspar Eschers militärischer Tätigkeit besonders hervorgehoben werden. Im Jahre 1859 war der französisch-österreichische Krieg in Oberitalien, in welchem die Franzosen den Italienern halfen, Mailand den Oesterreichern abzunehmen. Nahe der Schweizergrenze kämpften die Garibaldischen Freikorps und die tessinischen Städte waren voll von italienischen Flüchtlingen. Der Kanton Tessin musste daher von unsern Truppen besetzt werden, damit nicht eine Ueberschreitung unseres Gebietes durch feindliche Abteilungen erfolge und dann auch, um eine Verletzung unserer Neutralität durch die vielen Flüchtlinge zu vermeiden. Von Zürcher Truppen stand unter andern das Bataillon Nr. 9 unter seinem tüchtigen Kommandanten Pfau von Winterthur (später Schloss Kyburg) an der italienischen Grenze. Escher gehörte demselben als Unterleutnant an und hat seine Erlebnisse in diesem Militärdienst im Zürcher Taschenbuch auf das Jahr 1909, als die fünfzig Jahre erfüllt waren, in ansprechender Weise dargestellt. Als Pfau Platzkommandant von Lugano wurde, ernannte er den Leutnant Escher zum Platzadjutanten; so hatte dieser Gelegenheit, in das Treiben der Flüchtlinge hineinzusehen. Einmal — es war in der Nacht vom 31. Mai, als das Bataillon in Ponte-Tresa, Agno und Magliaso disloziert war — entstand Alarm. Sämtliche Truppen der Brigade, unter ihrem Kommandanten, dem Obersten Ott, wurden an der Magliasina aufgestellt; man erwartete, dass das Garibaldische Korps, von den Oesterreichern verfolgt, die Schweizergrenze überschreite. Doch der Lärm war umsonst, die Garibaldiner kamen nicht, und die Nacht ging ohne einen Zusammenstoss vorüber. Leutnant Escher hatte seine Ruhe nicht verloren, und als der Morgen graute, erwachte in ihm sein lebendiger Sinn für die Schönheit der Natur. Er schrieb in seinen „Erinnerungen“: „An diesem frühen Morgen zeigte sich so recht die Schönheit und poesievolle Stimmung dieser ennetbirgischen Gefilde. Die Vegetation war vom Tau der Nacht erfrischt und Berge und Hügel hoben sich von einem tiefblauen Himmel ab. Von der auf einem Hügel gelegenen Kirche vernahm man das melodische Anschlagen der Glocken. Eine Prozession bewegte sich mit Gesang den Hügel hinauf . . .“

Im März 1871 war der fatale Tonhallekrawall. Die getroffenen Vorbereitungen hatten sich als ungenügend erwiesen. Immerhin hatte man eine Anzahl Ruhestörer in der Strafanstalt im Oetenbach eingesperrt. Sie sollten aber in den folgenden Tagen von ihren Gesinnungsgenossen wieder befreit werden. Für die Nacht des 10. März erwartete man einen ernstlichen Angriff auf die Strafanstalt. Da wurde Bataillonskommandant Escher einberufen und ihm das Kommando über die mit der Bewachung des Zuchthauses betrauten Truppen übertragen. Nicht gerne rückte Escher zu diesem Dienst ein. Sein Bataillon war nicht aufgeboten, der Kommandant musste den Befehl über andere Truppenteile übernehmen. Auch fiel es ihm bei seinem menschenfreundlichen Sinn schwer, mit Gewalt einem Teil seiner Mitbürger entgegentreten und sie vielleicht sogar die Waffen seiner Soldaten fühlen lassen zu müssen. Aber er tat, was ihm die Pflicht gebot. Es kam in der Tat zu einem Angriff auf das Zuchthaus. Zuerst liess der Kommandierende durch einen Offizier den erteilten Befehl mit lauter Stimme verlesen und die Angreifer auffordern, sich zurückzuziehen. Als dies nicht be-

achtet wurde, liess er eine Salve in die Luft abgeben und erst, als auch dieses Mittel nicht wirkte und die Angreifenden mit einer mächtigen Stange das Eingangstor einzustossen sich anschickten, folgte eine nochmalige Salve. Eine Anzahl der Ruhestörer fiel als Opfer ihres widerrechtlichen und leichtfertigen Verhaltens; die Ordnung war wieder hergestellt.

In den achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts wurde das Eschersche Geschäft (Hans Kaspar Escher) aufgehoben und das Etablissement auf den Mühlestegen liquidiert. Durch die vielen Erfindungen auf technischem Gebiet waren die Maschinen zum Teil veraltet. Die Firma stand vor der Alternative, entweder sich mit einem grossen Kapitalaufwand ganz neu einzurichten oder das Geschäft aufzuheben. Man entschied sich in letzterem Sinn. Nicht leichten Herzens; denn man kann sich wohl denken, dass gerade unser Kaspar Escher, aber auch seine Associés, sich nur ungern dazu entschlossen, ihre vielen langjährigen Arbeiter zu entlassen. Für unsern Freund war das eine schwere Zeit; er musste sich einen neuen Wirkungskreis schaffen, was ihm später auch gelang. Es war zu einem Teil seine Liebe zur Natur, die ihm nun auf den richtigen Weg half; er warf sich mit Eifer auf das Studium der Geologie, für die er schon längst grosses Interesse gehabt hatte. Ein Hauptgegenstand war nun für ihn auf diesem Gebiete die Entstehung und Herkunft der Nagelfluh und ihrer Findlinge in unserer ostschweizerischen Gegend. K. Escher hat auch Aufsätze über dieses Spezialgebiet publiziert, auch manche Ausflüge zur Erforschung dieser Gesteinsart nach den Kantonen St. Gallen und Appenzell, sowie ins Vorarlbergische unternommen.

In hervorragender Weise aber betätigte sich Escher-Hess nun in wohltätigen und gemeinnützigen Unternehmungen; er wurde auch in einige Behörden, die hier Aufsicht führen, gewählt. Lange Zeit gehörte er der Armenpflege an, und der Waisenhauspflege stand er fast bis zu seinem achzigsten Jahre vor. Mitglied und Vizepräsident der Vorsteherschaft der Pestalozzistiftung in Schlieren aber war er bis zu seinem Tode, ebenso bei der Vorsteherschaft der Sparkasse der Stadt Zürich, und die Geschäfte der zürcherischen Hilfsgesellschaft leitete er als Präsident bis zum 29. des vorigen Monats, an welchem Tage er von einem schweren Hirnschlag heimgesucht wurde. Noch andern Vorständen von Gesellschaften gehörte er bis zuletzt an. Ueberall war er mit seinem ganzen Wesen dabei und leistete treffliche Dienste. Für hilflose Waisen zu sorgen, war für ihn eine Herzenssache, und das Los Armer und Kranker zu erleichtern, dazu führte ihn sein menschenfreundlicher Sinn.

Den Verstorbenen zierte vor allem bescheidenes, einfaches, schlichtes Wesen. Er liebte Gepränge nicht, und am fernsten lag ihm, eigenes Tun und Lassen zu rühmen. Er war konservativ; gleichwohl nahm er lebhaftes Interesse an allen Schöpfungen der Neuzeit und konnte sich für sie erwärmen, wenn er sie als wirklich gut erkannte. Der Verstorbene konnte strenge sein, er war es aber namentlich gegen sich selbst; gegen andere mehr nur dann, wenn er es für notwendig hielt. Unwandelbar war sein Pflichtgefühl. Ein frommer Sinn half ihm über vieles Schwere, das ihm das Leben brachte, hinweg, und sein inneres Wesen erschien den ihm Näherstehenden in den letzten Jahren mehr und mehr als geläutert. Er hatte eine gewisse Ruhe, das Gleichgewicht in sich selbst gefunden. K. Escher-Hess war

es denn auch vergönnt, trotz zwölftägiger Krankheit seinen Lebenslauf ohne Leiden und Beängstigung und ohne Zweifel auch mit ruhigem Gewissen zu schliessen.

Jakob Amsler-Laffon (1823—1912, Mitglied der Gesellschaft seit 1847, Ehrenmitglied seit 1894).

Nur der Vollständigkeit halber erwähnen wir den Namen des hervorragenden Gelehrten und Technikers auch an dieser Stelle. Ein ausführlicher Nekrolog wird an der Spitze des neuen Jahrganges erscheinen.



Zweiter Teil

Sitzungsberichte



Sitzungsberichte von 1911.

Protokoll der Sitzung vom 16. Januar.

Vorsitzender: Prof. Dr. C. Schröter.

Das Protokoll der letzten Sitzung wird genehmigt.

Der Vorsitzende erinnert an den Hinschied unseres Ehrenmitgliedes, Prof. Dr. E. Hagenbach-Bischoff von Basel. Er erwähnt dessen Verdienste um die Wissenschaft, die schweizerische naturforschende Gesellschaft und das öffentliche Leben, und spricht die Überzeugung aus, dass dieser markanten, sympathischen Persönlichkeit ein warmes Andenken unter uns gesichert sein wird.

Sodann erwähnt er der Ehrung, die einem unserer Mitglieder, Herrn J. Escher-Kündig durch die Erteilung des Doctors phil. honoris causa der Universität widerfahren ist, und bringt dem um unsere Gesellschaft vielverdienten Manne die herzlichsten Glückwünsche derselben dar.

Dem Verfasser des heurigen Neujahrsblattes („Von Grönlands Eisbergen"), Herrn Dr. Arnold Heim, der gegenwärtig in Sumatra weilt, wird der beste Dank der Gesellschaft für seine treffliche Leistung votiert, ebenso den Herren Dr. Arbenz und Dr. Bretscher für ihre Mithülfe beim Verkauf.

Die das letzte Mal Angemeldeten werden einstimmig aufgenommen.

Folgende Neuanmeldungen sind eingelaufen:

Herr H. Blattmann-Ziegler, Fabrikant in Wädenswil,
angemeldet von Herrn Prof. Schröter.
„ J. H. Escher-Lang, Kaufmann, „ „ „ Dr. H. Kronauer.
„ Wilh. Kasp. Escher, Direktor der schweiz. Kreditanstalt,
angemeldet von Herrn E. Huber-Stockar.
„ Erminio Ferraris, Bergingenieur,
angemeldet von Herrn Prof. Schröter.
„ C. Kunz, Sekundarlehrer in Schlieren,
angemeldet von Herrn Prof. Heim.
„ Ulr. Ritter, Lehrer für Geographie an der höhern Töchterschule,
angemeldet von Herrn Dr. Leo Wehrli.
„ Dr. Ferd. Sauerbruch, Professor für Chirurgie an der Universität,
angemeldet von Herrn Prof. Schröter.
„ Dr. med. E. Schumacher, Privatdocent, chirurg. Klinik Zürich,
angemeldet von Herrn Prof. Schröter.
„ Dr. Ernst Zermelo, Prof. für Mathematik an der Universität,
angemeldet von Herrn Prof. Schröter.

Herr Prof. D. A. Einstein hält einen Vortrag über: Das Relativitätsprinzip (ist in extenso in den „Abhandlungen" abgedruckt).

Diskussion.

Prof. Kleiner spricht sich nach einigen herzlichen Worten des Bedauerns über den bevorstehenden Weggang des Herrn Vortragenden über das Relativitätsprinzip folgendermassen aus:

Was das Relativitätsprinzip anbetrifft, so wird dasselbe als revolutionär bezeichnet. Dies geschieht namentlich in Hinsicht auf diejenigen Feststellungen, welche speziell Einsteinische Neuerungen in unserer physikalischen Darstellung sind. Das betrifft vor allem die Fassung des Zeitbegriffs. Man war bisher gewohnt, die Zeit zu betrachten als etwas, was jedenfalls unter allen Umständen einsinnig abfliesse, was unabhängig von den Gedanken vorhanden sei. Man hatte sich daran gewöhnt, sich vorzustellen, dass irgendwo in der Welt eine Uhr stehe, welche die Zeit rubriziert. Man ist wenigstens der Ansicht gewesen, dass man sich die Sache so vorstellen dürfe. Nach dem Relativitätsprinzip aber erweist sich die Zeit als abhängig von Geschwindigkeiten, von Koordinaten, von räumlichen Grössen. Darin soll der revolutionäre Charakter der neuen Auffassung der Zeit bestehen. Wenn wir die Sache genauer betrachten, so stellt es sich heraus, dass es sich um Präzisierungen handelt, welche notwendig gewesen sind, denn wenn wir uns daran erinnern, wie wir zu den Zeitbestimmungen kommen, so sehen wir, dass alles sehr einfach ist, solange es sich um Bestimmung von Ereignissen in unserer unmittelbaren Nähe handelt. Wir haben unsere guten Uhren und können taxieren, in welchem Moment irgend etwas vor sich geht. Ganz anders steht es mit dieser Gewissheit um die Zeit, wenn es sich handelt um zeitliche Bestimmung von Ereignissen an Orten, die von uns entfernt sind. Wir wissen, dass das Licht von gewissen Fixsternen erst nach Jahren bei uns anlangt, so dass wir sagen können, dass wir infolge dieser Tatsache in die Vergangenheit schauen können. Wir können uns auch ganz gut vorstellen, dass wir in die Zukunft schauen, so dass diese Stabilität in der Auffassung der Zeit nun durch die Tatsachen schon einigermassen untergraben ist. Wir wollen uns einen Mann vorstellen, der gewohnt ist, sich durch seine Gehörwerkzeuge orientieren zu lassen. Das wird der Fall sein bei einem Blinden. Wir wollen annehmen, derselbe werde plötzlich sehend und sehe nun einen Mann, wie er mit einem Hammer Nägel einschlägt. Dann wird ihm das Eigentümliche passieren, dass er das Fallen des Hammers zuerst sieht und erst nachher den Schlag hört. Nun ist er darauf dressiert, das Hören als dasjenige zu betrachten, was dem Phänomen entspricht und er hat nun nach seiner Denkweise im Auge ein Organ, mit welchem er in die Zukunft schaut. Er beobachtet ein Ereignis früher, als es tatsächlich geschieht. Ich erwähne das deswegen, weil es eben zeigt, wie auch die Auffassung des Zeitbegriffs abhängig ist von der Art und Weise, wie wir uns die Zeitperzeption zurecht legen. Die Schwierigkeiten beginnen erst da, wo es sich um die Taxation von zeitlichen Ereignissen an Orten handelt, welche von uns entfernt sind. In Anbetracht dieses Umstandes hat Einstein das Radikalmittel zur Messung und Taxation von Zeiten ein- und durchgeführt, dass er Zeiten messbar macht durch Lichtwege, weil er schliesslich zur Perzeption einer uns umgebenden Welt immer durch Lichtsignale gelangt. Er macht Zeiten messbar durch Lichtwege und macht die Festsetzungen, welche sich aus unserer Erfahrung in der letzten Zeit ergeben haben, dass gleiche Strecken in gleichen Zeiten zurückgelegt werden sollen. Diese Festsetzung ermöglicht

es, Uhren miteinander zu vergleichen und das ermöglicht dann auch, die Frage zu entscheiden: Wie gehen Uhren, von denen eine im ruhenden, eine andere im bewegten System sich befindet? Da ergeben ganz stringente Überlegungen, dass diese Uhren nicht synchron gehen. Es zeigt sich, dass der Zeitbegriff als etwas Absolutes im alten Sinne nicht festzuhalten ist, sondern dass das, was wir als Zeit bezeichnen, von Bewegungszuständen abhängig ist.

Etwas ähnliches ergibt sich für die räumlichen Koordinaten, durch welche wir räumliche Beziehungen darzustellen pflegen. Dieselben erweisen sich als abhängig vom Bewegungszustand. Das scheint auch revolutionären Charakter zu haben, insofern als wir unter Länge etwas Absolutes, d. h. etwas, was nicht von Geschwindigkeit abhängig ist, uns vorstellten. Wenn wir genauer zusehen, so ist es mit dieser Fixheit und besonderen Bestimmtheit von räumlichen Koordinaten auch nicht so einfach beschaffen.

Ich möchte sagen, dass uns das Relativitätsprinzip nur eine Klärung bringt und nicht irgend etwas, was prinzipiell neu wäre. Nun hat Herr Einstein gezeigt, dass bei der Annahme der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit und des Relativitätsprinzips zwischen den Koordinaten Raum und Zeit relativ zu einander bewegter Systeme gewisse einfache Beziehungen existieren. Führen wir in die mathematischen Ausdrücke der Gesetze, welche in bezug auf ein Koordinatensystem k gelten, die Raum- und Zeit-Koordinaten eines anderen Bezugssystems k' ein, welche mit denjenigen des Systems k durch der Relativitätstheorie eigentümliche einfache Gleichungen verknüpft sind, so muss man zu Gesetzen von derselben Form gelangen. Diese Eigenschaft ist es, welche dem Relativitätsprinzip bei den Mathematikern namentlich zum Kredit verholfen hat. Sie haben erkannt, dass in dieser Invariabilität für diese Systeme eine ihnen bekannte Sache steckt, ein spezieller Fall von Invarianz, wie sie sie bei projektiven geometrischen Gebilden gelegentlich zu betrachten haben. Die Bemerkung, dass etwas, was mathematisch formuliert und bekannt war, in der Realität bereits Applikation findet, hat dem Relativitätsprinzip zum Kredit verholfen.

Was den Physiker anbetrifft, so pflegt er sich bei der Diskussion über die Zulässigkeit eines derartigen Prinzipes eben an mehr physikalische Argumente zu halten. Die Konsequenz aus dem Relativitätsprinzip, dass Bewegung Formveränderung zur Folge hat, ist für uns viel wichtiger. Diese Konsequenz ergibt m. a. W. das Resultat, dass es keine starren Körper im gewöhnlichen Sinne gibt. Ein Körper, der sich in einer gewissen Richtung bewegt, wird abgeplattet, er wird zum Ellipsoid in der Bewegungsrichtung. Es gibt also keine festen Körper, weil sich alle Körper in Bewegung befinden. Das ist etwas, was der naiven Auffassung widerspricht, und das ist es auch, was viele Physiker stört, annehmen zu sollen, dass es starre Körper nicht gibt. Ich denke aber, dass das nicht so aufzufassen ist, dass ein Körper nach allen möglichen Richtungen von der Starrheit abweichen müsse, weil Bewegungen nach allen möglichen Richtungen stattfinden, sondern dass die Invarianz nur für die Betrachtung einer gewissen Bewegungsrichtung gilt. Es wird Sache der Mathematiker sein, die Bedingungen des Starrseins in diesen Systemen genauer zu formulieren.

Im übrigen ist es schwierig zu entscheiden, ob das Relativitätsprinzip in allen Konsequenzen mit den Erfahrungen übereinstimmt, weil eben die

Abweichung von dem, was die Mechanik für ruhende Systeme ergibt, immer von der relativen Grösse $\frac{v^2}{V^2}$ ist. Das ist eine Grösse, welche immer klein bleibt. Sie macht sich bemerkbar in der Diskussion der elektromagnetischen Massen von Elektronen der longitudinalen und transversalen Masse. Diese sind berechnet worden nach den Vorstellungen des Relativitätsprinzips, man muss aber sagen, dass in dieser Beziehung eine wirkliche Entscheidung noch nicht gefallen ist. Es ist aber, wie Herr Kollege Einstein angedeutet hat, wohl zu erwarten, dass man im Laufe der Zeit zu Ermittlungen experimenteller Art kommen wird, welche eine Entscheidung bringen.

Es wäre auf diesem Gebiet nur noch etwa Folgendes zu bemerken, was für den Physiker bei Gelegenheit der Diskussion dieses Relativitätsprinzips eine schwierige Sache ist. Sie haben gehört, dass wir von der Existenz eines Äthers abstrahieren müssen. Wir können vielleicht sagen: es ist nicht schade um den Äther. Wir haben ihn bis jetzt kennen gelernt als Hypothese ad hoc, um allerhand Erscheinungen zu erklären. Es sind ihm immer mehr unverständliche Eigenschaften aufgeladen worden. Aber das bleibt doch bestehen, dass wir Fortpflanzungen diskutieren sollen, ohne eine Vorstellung davon zu haben, worin Fortpflanzungen bestehen. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes, die Wellenbewegungen, welche sich fortpflanzen, die ganze Interferenzlehre, all das war früher basiert auf gewisse Vorstellungen, die nun weg sind. Wir sollen von Fortpflanzung sprechen in einem Medium, das kein Medium ist, von dem wir gar nichts wissen. Ich glaube, dass das eine Lücke ist, die ausgefüllt werden muss, denn wissenschaftliche, insbesondere physikalische Diskussionen, welche mit Formeln operieren, mit denen keine Vorstellungen verknüpft werden können, sind auf die Dauer nicht haltbar.

Was also das Prinzip, das als Relativitätsprinzip bezeichnet wird, anbelangt, so glaube ich, dass das etwas ist, was notwendig gewesen ist, das gewisse Sachen, gewisse Unklarheiten, über die wir gar nicht nachgedacht haben, einfach einmal stipuliert und dieselben in eine gewisse Ordnung hineinbringt. Was für Schwierigkeiten dahinter sind, das wird sich wohl im Laufe der Zeit herausstellen, dieselben werden aber wohl ihre Lösung finden.

Prof. Einstein: Vor allem danke ich Herrn Prof. Kleiner für seine freundlichen Worte. Im übrigen will ich einiges antworten auf das, was er gesagt hat. Einen starren Körper wird es nach der Relativitätstheorie überhaupt nicht geben können. Denken wir uns einen Stab von einiger Länge. Wenn wir auf der einen Seite ziehen, so wird sich das andere Ende sofort bewegen. Das wäre ein Signal, das sich unendlich rasch bewegt und das man zur Zeitdefinition benützen könnte, was aus hier nicht näher auseinanderzusetzenden Gründen zu höchst unwahrscheinlichen Folgerungen führt. Einen wirklichen Wert für die Veranschaulichung optischer Vorgänge hatte der Äther nur so lange, als man jene Vorgänge mit all ihren Besonderheiten wirklich auf mechanische Vorgänge zurückführte. Seitdem man den Begriff der Kraftlinienfelder in den Vordergrund gerückt hat, spielte eigentlich die Ätherhypothese nur mehr eine Scheinrolle.

Fritz Müller: Wenn zwei synchron gehende Uhren sich im Punkte A befinden und die eine davon mit einer bestimmten Geschwindigkeit von diesem Punkt weg zu einem Punkt B bewegt wird, so soll nach den Ausführungen des Herrn Vortragenden diese zweite Uhr infolge der Bewegung nachgehen, wenn auch nur in einem minimen Verhältnis. Wie verhält es sich nun, wenn diese Uhr auf einem polygonalen oder kreisförmigen Wege wieder zum Punkt A zurückkehrt? Nach den Ausführungen des Vortrages würde die zweite Uhr im Momente des Zusammentreffens im Punkte A nicht wieder synchron gehen. Wie kann das möglich sein, da andererseits Herr Prof. Einstein sagt, dass ein Stab von einer bestimmten Länge L im ruhenden System, den er in der Hand hält, sich um einen bestimmten Betrag verkürzt, wenn er bewegt wird. Sobald aber der Stab durch einen Ruck zum Stillstand gebracht wird, ist seine Länge wiederum $= L$, d. h. er ist nicht mehr deformiert. Wenn diese letztere Überlegung für die Länge, also für eine bestimmte Dimension gilt, und wenn das, was Herr Prof. Einstein von dem Mathematiker Minkowski als akzeptabel bezeichnet hat, richtig ist, dass wir von einer 4-dimensionalen Geometrie sprechen können, so dass wir Länge mit Zeit vergleichen können, wie verhält es sich adnn mit der Uhr? Muss sie dann nicht genau wie der Stab mit dem Moment, wo sie zum Stillstand gebracht wird im Punkte A wieder synchron gehen? Diese Überlegung würde mir eher passen, während mir die andere nicht greifbar ist.

Prof. Einstein: Nicht die Zeitangabe der Uhr ist in Analogie zu setzen mit dem Stab, sondern die Ganggeschwindigkeit derselben. Wenn der Stab seine Bewegung gemacht und wieder zurückgekehrt ist, so hat er die gleiche Länge. Ebenso hat auch die Uhr wieder die gleiche Ganggeschwindigkeit. Wir können den Stab als Träger des Raumdifferentials bezeichnen und die Uhr als Träger des Zeitdifferentials. Es ist unmöglich anzunehmen, dass die Uhr, welche nach Zurücklegung eines polygonalen Weges wieder zum Punkt A zurückkehrt, wiederum synchron gehe mit der Uhr, welche im Punkte A ruhend gewesen ist. Die Uhr geht langsamer, wenn sie gleichförmig bewegt ist, wenn sie aber durch einen Ruck eine Richtungsänderung erfährt, so wissen wir nach der Relativitätstheorie nicht was geschieht. Die plötzliche Richtungsänderung könnte eine plötzliche Änderung der Uhrzeigerstellung herbeiführen. Indessen muss der Einfluss einer solchen hypothetischen plötzlichen Änderung desto mehr zurücktreten, je länger bei gegebener Geschwindigkeit der Fortbewegung der Uhr die letztere sich gradlinig gleichförmig bewegt, d. h. je grösser die Abmessungen des Polygons sind.

Prof. Prašil: Minkowski hat in seiner berühmten Schrift: „Raum und Zeit“ über das Wesen der Verlängerung geschrieben, dass dieselbe ein Begleitumstand des Bewegungszustandes sei. Er macht sie absolut nicht abhängig von irgendwelchen physikalischen Einflüssen. Hingegen hat Lorentz, als er den Michelsonschen Versuch erklärte, direkt die Vermutung ausgesprochen, dass ganz gut anzunehmen sei, dass eine solche Längenänderung durch den Einfluss des Äthers oder von Molekularkräften ermöglicht sei. Das sind zwei Dinge, die ich nicht vereinigen kann.

Prof. Einstein: Gestatten Sie, dass ich mit einem Vergleich antworte. Es handle sich um den zweiten Hauptsatz der Wärmetheorie, um den Satz von der beschränkten Umwandelbarkeit thermischer Energie. Macht man die Voraussetzung der Unmöglichkeit eines Perpetuum mobile zweiter Art zum Ausgangspunkt der Betrachtungen, so erscheint unser Satz als eine fast unmittelbare Folgerung aus der Grundannahme der Theorie. Basiert man aber die Wärmetheorie auf die Bewegungsgleichungen der Moleküle, so erscheint unser Satz als das Resultat einer langen Reihe subtilster Überlegungen. Ebenso wie hier beide Wege ihre unbestreitbare Berechtigung haben, so scheinen mir auch die erwähnten Standpunkte von Minkowski einerseits und H. A. Lorentz andererseits vollkommen berechtigt.

Prof. Meissner: So viel mir bekannt ist, hat Minkowski die Relativitätstheorie benutzt, um von den Grundgleichungen der Elektrodynamik ruhender Körper aus die allgemeinen Gleichungen für bewegte Körper abzuleiten. Er hat ein System von Formeln aufgestellt, welches sich weder mit den Formeln von Cohn, noch mit denjenigen von H. A. Lorentz deckt. Gegen dieses neue System hat sich Widerspruch erhoben. Da ich die ganze Relativitätstheorie mehr von der mathematischen Seite kenne, wäre es mir sehr erwünscht zu wissen, welches die Gründe sind, die die Physiker veranlassen, gegen diese Minkowskischen Gleichungen zugunsten derjenigen von Cohn und Lorentz zu entscheiden. Mir scheint es, vom mathematischen Standpunkt aus müsse es nur ein System von Gleichungen geben, nämlich das Minkowskische.

Prof. Einstein: Wenn man ausgeht von der Theorie ruhender Körper, so kann man durch die Relativitätstransformation nur die Gesetze der Elektrodynamik für gleichförmig bewegte Körper ableiten. Ob die Gleichungen der Elektrodynamik für gleichförmig bewegte Körper auch für zeitlich und räumlich ungleichförmig bewegte Körper gelten, das ist möglich aber nicht sicher. Insofern sind die Gleichungen von Minkowski eine hypothetische Erweiterung der vorher schon bestehenden.

Ueber die Theorien von Cohn und Lorentz ist folgendes zu bemerken. Die Theorie von Lorentz ist insofern abweichend von der Minkowskischen, als infolge der viel schwierigeren Methode der Herleitung eine kleine Ungenauigkeit unterlaufen war. Ein prinzipieller Unterschied zwischen der Minkowskischen und der Lorentzschen Theorie ist eigentlich nicht vorhanden. Die Elektrodynamik von Cohn dagegen muss als eine prinzipiell verschiedene aufgefasst werden.

Fritz Müller: Wenn nach den Darlegungen des Vortrages eine Uhr im Nordpol aufgestellt wird, und eine Uhr, die synchron geht, sich am Äquator befindet, so ist die Uhr am Nordpol, wenn wir die Rotation der Erde betrachten, ruhend, während sich die andere mit der Rotationsgeschwindigkeit der Erde bewegt. Wenn es gelänge, die Zeigerstellung der Nordpoluhr am Äquator sichtbar zu machen, so müsste die letztere nachgehen. Das wäre vielleicht eine Unterlage für ein praktisches Experiment, denn vielleicht käme dabei eine messbare Zeitgrösse heraus.

Nach den Ausführungen von Herrn Prof. Einstein ist eine grössere Geschwindigkeit als die des Lichtes undenkbar, da sie unseren Erfahrungen widerspricht, denn die notwendige Folge davon wäre, dass wir dann

in Zukunft die Folgen von Ereignissen wahrnehmen können, bevor das Ereignis selbst eintritt. Ich frage nun, ob diese Gleichungen nicht darauf beruhen, dass man einfach die Lichtgeschwindigkeit V einsetzt und darauf alles andere aufbaut. Gesetzt der Fall, es gäbe Menschen, die noch einen weiteren Sinn hätten, der ihnen gestattete, grössere Geschwindigkeiten als die des Lichtes wahrzunehmen, so wäre es gewiss denkbar, dass diese Leute, wenn sie dieselben Gleichungen aufstellen würden, wieder zu der Theorie kämen, dass es eine grössere Geschwindigkeit als die, die sie mit ihren Sinnen wahrnehmen, nicht gebe. Vielleicht kann sich Herr Prof. Einstein damit einverstanden erklären, wenn wir den Satz, den er ausgesprochen hat, dahin reduzieren: eine grössere Geschwindigkeit als die Lichtgeschwindigkeit ist ausgeschlossen für die Organe, die dem Menschen zur Verfügung stehen.

Prof. Einstein: Zur Beantwortung der ersten Frage möchte ich nur bemerken, dass die Zeit ein sehr schlechter Multiplikationsfaktor ist. Ganz ausgeschlossen ist es, dass man innert nützlicher Zeit, z. B. innerhalb eines Menschenlebens zu einem brauchbaren Resultat kommt, einfach deswegen, weil das menschliche Leben sich aus verhältnismässig wenigen Sekunden zusammensetzt.

Ich habe nicht gesagt, dass eine Überlichtgeschwindigkeit ausgeschlossen sei; sie ist logisch nicht ausgeschlossen, es ist vielmehr nur zu sagen: wenn es eine Geschwindigkeit gibt, die wirklich als Fortpflanzungsgeschwindigkeit eines physikalischen Reizes aufgefasst werden kann, so wäre es möglich eine Einrichtung zu konstruieren, die es uns erlaubt, an einem Orte Folgeerscheinungen von Handlungen zu erblicken, bevor wir die Sache durch unsere Willenshandlungen innerviert haben. Das scheint mir etwas, was bis zum Beweis des Gegenteils als ausgeschlossen zu gelten hat, da es mit dem Charakter unserer Erfahrungen nicht im Einklang zu stehen scheint. Mit dem Charakter unserer Sinnesorgane haben physikalische Fortpflanzungsgeschwindigkeiten nichts zu tun.

Dr. Lämmel: Es gibt etwas, was noch schneller ist als das Licht: die Gravitation. Man stünde vor einer grossen Schwierigkeit, wenn man zu der Anschauung gelangen müsste, bei der Anziehung zwischen zwei Massen könne von keiner Geschwindigkeit die Rede sein, es könne sich nur um momentane Wirkungen handeln. Also sollte auch die Gravitation mit einer gewissen Geschwindigkeit behaftet werden. Es ist aber noch niemals gelungen, dieselbe nachzuweisen. Es erscheint sehr wahrscheinlich, dass diese Geschwindigkeit viel grösser ist als die des Lichtes. Wenn wir an Stelle der Lichtsignale Gravitationssignale substituieren, so wäre ein neues Weltbild da, auf Grund dessen sich prophezeien lässt: es gibt keine grössere Geschwindigkeit als die Gravitationsgeschwindigkeit.

Eine zweite Frage, die mich interessiert, ist folgende: Ist das Weltbild, das sich auf Grund der Anschauungen des Relativitätsprinzipes ergibt, ein zwangläufiges, oder sind die Annahmen willkürlich und zweckmässig, aber nicht notwendig? Wenn man gezwungen ist, den Äther aufzugeben, so muss man das Licht als einen Stoff ansehen, der dann die Lichtgeschwindigkeit hätte. Gegenüber mehreren Bemerkungen, die hier gefallen sind, möchte ich feststellen, dass die Analogie zwischen den Koordinaten

des Raumes und der Zeit nur eine mathematische ist, welche auf dem Wege der Definition erzielt wird. Für den Mathematiker können Dinge entstehen, bei denen die physikalische Darstellungsmöglichkeit aufhört. So kommt z. B. in dieser Formel $\sqrt{-1}$ vor.

Prof. Einstein: Wenn wir statt der Gravitation elektrostatische Wirkungen hätten, was würde die Folge sein? Würden Sie eine Fortpflanzungsgeschwindigkeit finden? Sie würden nur finden, dass es unendlich rasch geht, weil man die Frage falsch gestellt hat. Man hat die Sache berechnet, wie wenn Partikeln von dem Gravitationszentrum ausgeschleudert würden. Es ist sehr wohl möglich und sogar zu erwarten, dass sich die Gravitation mit Lichtgeschwindigkeit fortpflanzt. Wenn es eine universelle Geschwindigkeit gäbe, die ebenso, wie die Lichtgeschwindigkeit mit Bezug auf ein einziges System so beschaffen ist, dass sich ein Reiz mit einer universellen Geschwindigkeit fortpflanzt unabhängig von der Geschwindigkeit des emittierenden Körpers, so wäre die Relativitätstheorie unmöglich. Wenn die Gravitation sich mit (universeller) Überlichtgeschwindigkeit fortpflanzt, so genügt das schon, um das Relativitätsprinzip endgültig zu Fall zu bringen. Wenn sie sich unendlich rasch fortbewegt, so haben wir damit ein Mittel, um die absolute Zeit festzustellen.

Der Vergleich des Lichtes mit einem andern „Stoff" ist nicht angängig. Ein Stoff im gewöhnlichen Sinn bewegt sich bei kleinen Bewegungsgeschwindigkeiten nach den Newtonschen Bewegungsgleichungen. Beim Licht ist dies nicht der Fall; die Parallele ist deshalb nicht zulässig.

Das Relativitätsprinzip ist ein Prinzip, welches die Möglichkeiten einschränkt; es ist kein Bild, ebenso wenig wie der zweite Hauptsatz der Wärmetheorie ein Bild ist.

Dr. Lämmel: Die Frage ist, ob das Prinzip ein zwangläufiges und notwendiges, oder bloss ein zweckmässiges ist.

Prof. Einstein: Denknotwendig ist das Prinzip nicht, es wäre erst notwendig, wenn es durch die Erfahrung dazu gemacht wird. Aber es ist durch die Erfahrung nur wahrscheinlich gemacht.

Prof. Meissner: Die Diskussion hat gezeigt, was in erster Linie zu tun ist. Man wird die sämtlichen physikalischen Begriffe einer Revision unterziehen müssen, man wird sie anders formulieren müssen und zwar so, dass eine eventuell vorhandene Invarianz gegenüber der Transformation des Relativitätsprinzips zum Ausdruck gelangt. Darauf hat in der Tat auch schon Klein in einem Vortrag aufmerksam gemacht, dass man aus jedem Begriff dasjenige herausschälen müsse, was unverändert erhalten bleiben kann, wenn man die merkwürdige Transformation von Raum und Zeit anwendet. Dann erst hat man eines der hauptsächlichsten Resultate erkenntnistheoretisch herausgeschält. Wenn sich auch die ganze Relativitätstheorie als unhaltbar erweisen sollte, so wäre doch das ein ausserordentlicher Fortschritt.

Prof. Einstein: Die Hauptsache ist nun, dass man möglichst genaue Experimente zur Prüfung des Fundamentes anstellt. Mit dem vielen Grübeln ist einstweilen nicht viel zu holen. Von den Konsequenzen können nur diejenigen interessieren, welche zu Ergebnissen führen, bei denen die prinzipielle Möglichkeit zu beobachten besteht.

Prof. Meissner: Sie haben selbst gegrübelt und haben den schönen Zeitbegriff entdeckt. Sie haben gefunden, dass er nicht unabhängig ist. Das muss für andere Begriffe ebenfalls untersucht werden. Sie haben gezeigt, dass die Masse abhängig ist vom Energieinhalt und haben den Begriff Masse näher präzisiert. Sie haben keine physikalischen Untersuchungen im Laboratorium angestellt, sondern gegrübelt.

Prof. Einstein: Die Erfahrungen, die wir machten, hatten für uns eine Zwangslage geschaffen.

Prof. Meissner: Denken Sie nur an die nicht-euklidische Geometrie. Man hat geglaubt, dass man wisse, was ein Winkel sei, man hat es aber nicht gewusst.

Dr. Lämmel: Es fragt sich bei diesen Spekulationen, ob es sich um mathematische oder physikalische Überlegungen handelt. Rein mathematische Überlegungen können nie etwas anderes bringen als Prämissen, physikalische Überlegungen können auf neue Wege führen. Daher begreife ich die Äusserungen, die Herr Prof. Einstein vorhin gemacht hat.

Protokoll der Sitzung vom 30. Januar 1911.

Vorsitzender: Prof. Dr. C. Schröter.

Das Protokoll der letzten Sitzung wird genehmigt.

Im Anschluss daran dankt der Vorsitzende noch ganz besonders Herrn Prof. Einstein, der die mühevolle Arbeit der Durchsicht des Stenogrammes der letzten Sitzung auf sich genommen, und sich bereit erklärt hat, seinen Vortrag zur Publikation als Abhandlung in der Vierteljahrsschrift uns zu überlassen. Ausserdem ist Herr Prof. Einstein bereit, an einem später zu veranstaltenden Diskussionsabend über das Relativitätsprinzip auf an ihn gestellte Fragen zu antworten (siehe oben!).

Auch der vielbewährten Druckerei Zürcher & Furrer, welche das umfangreiche Protokoll in kürzester Frist druckte, wird besonderer Dank ausgesprochen.

Die das letzte Mal Angemeldeten werden einstimmig aufgenommen.

Es sind folgende Neuanmeldungen eingegangen:

Herr Ingenieur E. Huber-Stockar hält einen Vortrag über „Die Grenzen des Maschinenbaues“.

Unter solchen hat man die Hindernisse zu verstehen, welche sich der Verbreitung, der Verwendung, der Anpassung an gesteigerte Bedürfnisse, der fortgesetzten Vergrösserung, Verstärkung oder anderweitigen Entwicklung einzelner oder aller Maschinenarten entgegenstellen.

Die Maschinen sind durchaus vorwiegend Hilfsmittel der Güterproduktion und Güterverteilung. Diese beiden Gebiete menschlicher Tätigkeit sind als Geschäftswirtschaftsbetriebe organisiert. Der Wettbewerb auf diesem Gebiete und die spekulative Vorsorge für die Zukunft führen dazu, dass der Wert der Maschine in erster Linie ein Gebrauchswert ist, der nach ihrer Wirtschaftlichkeit als einzelne Maschine oder als Teil einer zusammengesetzten Produktionsanlage beurteilt wird. Die Entwicklung einer Maschinenart bleibt immer dann stehen, wenn ein wirtschaftlicher Fortschritt mit ihr nicht mehr möglich scheint, d. h.

wenn sie den gegebenen Zweck nicht mehr so vorteilhaft erfüllt, wie eine andere Maschinenart oder sonst ein anderes Verfahren.

Die Natur und die besondere Bedeutung der Grenzen ist an der Entwicklung der einzelnen Zweige des Maschinenbaues zu erkennen. An der Entwicklung eines typischen, übrigens hypothetischen, etwa Mitte der achtziger Jahre des letzten Jahrhunderts entstandenen kleinen Grosstadtquartier-Gleichstromelektrizitätswerkes zu einem der modernen grossen auf Dampf- und Wasserkraft basierenden Elektrizitätsversorgungswerkes wird die Steigerung der Wirtschaftlichkeit des Betriebs als das zum Fortschritt treibende Moment und als ein Ausfluss davon die Tendenz zur Steigerung nicht nur der Einzelwirtschaftlichkeit der einzelnen Maschinen und Anlageteile, sondern auch der Einzelgrösse der Maschinen und der Gesamtgrösse des Betriebes nachgewiesen.

Die Entwicklung eines solchen frühe angelegten Werkes blieb nach Grösse und Wirtschaftlichkeit an der Grenze stehen, welche die durch die Glühlampe gegebene niedrige Verbrauchsspannung der Ausdehnung des Versorgungsgebietes, des Bereichs wirtschaftlicher Stromversorgung steckte. Die Errichtung einer Mehrzahl solcher ähnlicher Werke in verschiedenen ebenso begrenzten Teilen derselben Stadt war noch kein Fortschritt und keine Beseitigung der durch die niedrige Verbrauchsspannung gegebenen Grenze.

Erst der Übergang zur zentralisierten Drehstromkrafterzeugung, Übertragung und Verteilung an die frühern Zentralen als sog. Unterzentralen bedeutete einen Fortschritt der Entwicklung, technisch und wirtschaftlich, weil die Unterteilung der Gesamtleistung in grössere Einheiten von höherer Einzelwirtschaftlichkeit und die Verwendung sonst vollkommenster Einrichtungen wirtschaftlich möglich wurde.

Das Einphasenwechselstromsystem ist für allgemeine Zwecke der Beleuchtung und Kraftverteilung im Laufe der neunziger Jahre zu einem Stillstand gekommen, weil zu der Zeit, als die Anschliessbarkeit von Elektromotoren an die Verteilungsnetze eine Forderung der Stromabnehmer geworden war, ein technisch und namentlich wirtschaftlich befriedigender Wechselstrommotor nicht vorhanden war, übrigens auch heute für allgemeine Zwecke noch nicht vorhanden ist. Der Wechselstromtransformator und der Wechselstromgenerator haben sich auf andern Gebieten der Anwendung zu ähnlicher Vollkommenheit wie andere Maschinenarten entwickelt.

Die 1886 erstmals erfolgreich zur Anwendung gebrachte Gleichstromkraftübertragung bedeutete damals die Beseitigung der durch eine wenig entwickelte Isolationstechnik gesteckten maschinenbaulichen Grenze, gelangte aber selbst bald an eine auch in der Neuzeit noch ziemlich giltige in der grundsätzlichen Anordnung der Gleichstrommaschine begründete Spannungsgrenze und damit an eine Grenze der wirtschaftlichen Übertragungsweite von etwa 10 Kilometern. Diese Übertragungsart konnte dem Bedarf an Kraftübertragungen, den sie geweckt hatte, nicht folgen und blieb stehen, von einigen wenigen bemerkenswerten Ausnahmefällen abgesehen.

Das 1891 an der Frankfurter internationalen elektrotechnischen Ausstellung demonstrierte Drehstromsystem verband die Vorteile des Wechselstroms hinsichtlich freier Wahl und Transformierbarkeit der Spannungen, Mannigfaltigkeit der Schaltungen mit den Vorteilen eines dem Gleichstrommotor ähnlich brauchbaren Motors. Die primäre Summation von Kräften an verschiedenen Orten, die Fernleitung über sehr bedeutende Weiten, die sekundäre beliebige Verteilung für Licht und motorische Antriebzwecke war damit gewonnen und die technischen

Möglichkeiten selbst für die allerneueste Entwicklung eröffnet. Die wirtschaftliche Seite musste sich erst langsam abklären. Die Elektrotechnik war dem wirklichen damaligen Bedürfnis weit vorausgeeilt und Übertragungsanlagen mit so hohen Spannungen, wie sie in Frankfurt demonstriert worden waren, kamen bis zu Anfang 1900 selten zur Ausführung.

Zur Zeit hat der Bedarf, die Verwirklichung der Ausnützung der grössten örtlich gefesselten Wasserkräfte und die Sicherung ihrer Konkurrenzfähigkeit zu Spannungen bis 100 000 Volt geführt. Die im Stadtzentralenbau und im Wasserkraftausbau fortschreitende Massierung der Krafterzeugung hat zu Wasserturbinen bis 20 000 Ps. und zu Dampfturbinen und Drehstromgeneratoren bis 28000 Ps. Einzelleistung geführt.

Mit diesen hohen Spannungen und grossen Maschineneinzelleistungen ist der Maschinenbau noch nicht an unüberwindlichen Grenzen der Baustoffbeanspruchbarkeit angelangt. Die gewaltige Steigerung der Spannung und der Maschinengrössen hat sich immerhin dem Maschinenbau durch die wirtschaftlich begründeten Wünsche der Besteller zusammen mit dem Wettbewerb unter den Maschinenbauern etwas ungestüm aufgedrängt. Die Wirtschaftlichkeit solch extremer Maschinengrössen muss erst durch die Erfahrung bestätigt werden, da nicht nur die mechanischen Wirkungsgrade, sondern auch die Betriebssicherheit die geschäftliche Wirtschaftlichkeit mitbestimmt.

Im Elektrizitätswerkbau hat die Dampfturbine die Cylinderdampfmaschine für Leistungen über etwa 6000 Ps. anscheinend definitiv verdrängt, da die Wirtschaftlichkeit der Cylinderdampfmaschinen an einer maschinenbaulich begründeten Grenze angelangt ist, welche eine weitere Verbesserung ausschliesst, während die Dampfturbine zufolge ihres andern Wirkungsprinzipes weiterreicht.

Tritt ein Stillstand in der Entwicklung der Maschinengrösse aus maschinenbaulichen Gründen ein, so wird die Erweiterung der Betriebe durch Addition von Einheiten bisheriger Grösse bewerkstelligt werden. Voraussichtlich wird bei den meisten Maschinenarten die Wirtschaftlichkeitsgrenze früher als die maschinenbauliche erreicht. Die Vervollkommnung jeder Maschine kommt immer auf einem Punkte an, wo eine weitere Vervollkommnung zu teuer und daher unwirtschaftlich wird.

Die Maschinengrösse ist nicht an sich wirtschaftlich. Die Wirtschaftlichkeit ist in mehreren Hinsichten relativ. Für verschieden grosse Leistungen können verschiedene Maschinenarten der Reihe nach die wirtschaftlichsten sein. Die Wirtschaftlichkeit der Maschine ist auch gebietsweise verschieden. Es kommen hauptsächlich die Preise der Kohle und der Arbeitslohn am Orte der Maschine und die Verhältnisse im Bereiche des Wettbewerbes in Betracht, für welchen die Maschine arbeiten soll.

Wirtschaftlichkeit und Unwirtschaftlichkeit können auch temporär sein. Die Erstellungskosten der Maschinen und ihre Wirkung auf die Preise der Maschinen beeinflussen die Wirtschaftlichkeit in weit geringerem Masse als die Betriebskosten und die Produktions- oder sonstige Leistungsfähigkeit.

Diskussion.

Fritz Müller will auf die ethische Grenze des Maschinenbaues hinweisen, die der Vortragende seiner Meinung nach vernachlässigt hat. Der „Produktionswinkel“ genügt zur Beurteilung nicht. Über einer unendlichen Ausdehnung des Maschinenbaues ginge die Menschheit zugrunde. Das Gehirn des Arbeiters wird durch die Maschine aufgesogen; er verfällt dem Stumpfsinn.

Prof. Stodola dankt dem Vortragenden und berührt die Wechselwirkung zwischen Wissenschaft und Wirtschaftlichkeit im Maschinenbau. Wohltätig für die Wissenschaft ist die Wirtschaftlichkeit dann, wenn sie weitsichtig ihr die Mittel zu Versuchen gewährt. Der durch Fachkenntnis nicht getrübte Blick desjenigen, der Maschinen bedarf, verkennt oft den im menschlichen Charakter innewohnenden Wagemut des Maschinenerfinders. Vorredner ist im Irrtum, sein Vorwurf trifft nicht die Maschine, sondern den Gebrauch, den man von ihr macht, resp. die soziale Stellung des mit der Maschine arbeitenden Menschen. Die Maschine ist das Mittel zur Bewältigung der Naturkräfte, also ein Kulturmittel. Die grossen Trusts sind eine neue wirtschaftliche Erscheinung zunächst problematischer Natur und können vielleicht in gewissem Sinne als Vorbereitung zur Verstaatlichung der Betriebe angesehen werden. Prof. Stodola betont die schwierige Lage der schweizerischen Industrie, in der die Wirtschaftlichkeit eine ganz besonders wichtige Rolle spielt.

Ing. Weissenbach bewundert die geistreiche Art des Vortragenden, der mit dem Bild der Entwicklung einer Kraftzentrale gezeigt hat, mit welcher Energie und Tatkraft die Industrie immer wieder die Schwierigkeiten überwindet, die sich ihr in dem Verlangen nach grösster Wirtschaftlichkeit entgegenstellen. Er weist hin auf die Gegensätze in der Wasserwirtschaft, Kraftanlagen oder Schiffahrt.

Dr. Denzler: Eine Grenze des Maschinenbaues liegt auch im Arbeiterstand. Im Anfang ging die Entwicklung des Maschinenbaues aus Mangel an geeigneten Arbeitern langsam vor sich, später mit eingelernten Arbeiterstämmen schnell. Beispiel die Uhrenindustrie. Heute ist es möglich Maschinenprobleme zur Entwicklung zu bringen, deren Lösung früher unmöglich war.

Fritz Müller: Wenn das soziale Milieu die Maschine geschaffen hat, so trägt es die Schuld an der Verflachung der Arbeiterschaft. Einförmige Arbeit erzeugt psychische Depression. In Elektrizitäts- und Kohlenwerken werden geradezu unintelligente Arbeiter bei der Führung wichtiger Maschinen bevorzugt.

Prof. Escher hat 3 Jahre an Maschinen gearbeitet und nichts von Verflachung und Verblödung gespürt. Gerade die Maschinenarbeiter interessieren sich für ihre Arbeit und unterhalten sich in ihrer freien Zeit über sie. Prof. Escher spricht ferner über den Zusammenhang von Wissenschaft und Technik, er betont, dass die Technik der Wissenschaft ihre Grundlagen verdanke und nennt Euler und Bernoulli als die Schöpfer der Prinzipien des Turbinenbaues, deren Theorien und Berechnungen 80 Jahre später praktische Anwendung fanden.

Prof. Stodola: Die Maschine will eben dem Arbeiter die geisttötende Beschäftigung abnehmen, daher auch die Zunahme der automatischen Maschinen. Gleichförmige Arbeiten finden sich in jedem Berufe; übrigens ist die Maschine kein indifferentes Wesen, sie will von ihrem Besorger gekannt und individuell behandelt sein.

Dr. Oswald findet in der ausschliesslich nichtindustriellen Bevölkerung Inner-Russlands den Beweis, dass Stumpfsinn und Mangel an Intelligenz nicht von der Beschäftigung mit Maschinen abhangen.

Ing. Huber glaubt nicht an die Nachteile der Maschine auf die Psyche des Menschen, der ja selbst eine komplizierte Maschine ist. Die Entwicklung des Maschinenbaues ist unwiderstehlich und lässt sich durch philanthropische Bedenken nicht aufhalten.

Protokoll der Sitzung vom 13. Februar 1911
(im Auditorium VII der Universität).

Vorsitzender: Prof. Dr. C. Schröter.

Der Vorsitzende dankt im Namen der Gesellschaft der hohen Erziehungsdirektion, sowie Herrn Prof. Dr. A. Ernst für die freundliche Überlassung des Auditoriums und des Projektionsapparates.

Er gedenkt sodann des Hinschiedes unseres korrespondierenden Mitgliedes, Herr Dr. Edouard Cornaz in Neuchâtel, des tüchtigen Arztes und hervorragenden Floristen.

Die Versammlung erhebt sich zu Ehren des Verstorbenen von ihren Sitzen.

Unser zweitältestes Mitglied, seit 1856 der Gesellschaft angehörig, Herr Johann Kaspar Escher-Hess, hat vor kurzem seinen 80. Geburtstag gefeiert. Herr Escher hat sich um die Gesellschaft von 1858—1874 und von 1876—1887, also während 27 Jahren, als Quästor in hohem Grade verdient gemacht. Der Vorstand hat dem Jubilar einen Blumengruss und ein Glückwunschschreiben gesandt, und die Gesellschaft schliesst sich heute auf das herzlichste dieser Kundgebung an.

Unserem Mitglied, Herrn Cæsar Schœller, ist die hohe Ehre widerfahren, von der Universität Jena für seine Verdienste um das phyletische Museum zum Ehrendoktor kreirt zu werden. Die Gesellschaft, wohl wissend, dass Herr Schœller überall tatkräftig einzugreifen bereit ist, wo es gilt, eine ideale Sache zu fördern, freut sich herzlich dieser wohlverdienten Ehrung und ruft Herrn Dr. Schœller ihre besten Glückwünsche zu.

Die das letzte Mal Angemeldeten werden einstimmig aufgenommen.

Neu angemeldet sind folgende Herren:

Herr Dr. phil. Hermann Escher, Oberbibliothekar der Stadtbibliothek,
angemeldet durch Herrn Prof. Schröter.
„ Dr. phil. E. Baebler, angemeldet durch Herrn Prof. Standfuss.
„ E. Haemig-Burgmeier, S. B. B.-Beamter,
angemeldet durch Herrn Prof. Schröter.

Der Vorsitzende erinnert die Säumigen lebhaft an ihre moralische Verpflichtung, uns neue Mitglieder zuzuführen!

Herr Dr. Gogarten hält einen Vortrag über: „Naturwissenschaftliche Bibliographie, ihre Klassifikation und ihre Bearbeitung nach den Grundsätzen des Concilium Bibliographicum".

Nach einer kurzen Einleitung über die Bedeutung und die historische Entwicklung der Bibliographie geht der Vortragende über zur Erläuterung des Dewey'schen Dezimalsystems der Klassifikation der Literatur. Das Prinzip desselben ist die Einteilung der Wissenschaften in je 10 Unterabteilungen immer tiefern Grades und die Anordnung derselben in Form eines Dezimalbruches. Nach dem jetzt international durchgeführten Schema wird die gesamte Wissenschaft in folgende 10 Gruppen geteilt: 0,0 Allgemeines; 0,1 Philosophie;

0,2 Religion, Theologie; 0,3 Sozialwissenschaften; 0,4 Sprachwissenschaften; 0,5 Naturwissenschaften und Mathematik; 0,6 Angewandte Wissenschaften; 0,7 Kunst; 0,8 Literatur; 0,9 Geschichte und Geographie.

Jede dieser 10 Gruppen wird dann weiter in 10 Untergruppen geteilt: die Naturwissenschaften z. B. in 0,50 Allgemeines; 0,51 Mathematik; 0,52 Astronomie und Geodäsie; 0,53 Physik; 0,54 Chemie; 0,55 Geologie; 0,56 Palæontologie; 0,57 Biologie; 0,58 Botanik; 0,59 Zoologie.

Die Zoologie wird nun weiter nach 3 verschiedenen Prinzipien eingeteilt: Nach dem System, nach allgemeinen Fragen und nach der Geographie. Die systematische Einteilung ist z. B. folgende: 0,590 Allgemeines; 0,591 Biologische Zoologie; 0,592 Wirbellose Tiere; 0,5931 Protozoen (0,5932 Radiaten, 0,5933 Cœlenteraten etc.); 0,594 Mollusken; 0,595 Articulaten; 0,596 Wirbeltiere; 0,597 Fische; 0,5976 Amphibien; 0,5981 Reptilien; 0,5982 Vögel; 0,599 Säugetiere.

Wie leicht einzusehen, ist hier stellenweise das System der logischen Unterordnung im Interesse der Abkürzung der Zahlen unterbrochen.

Die Gruppierung nach allgemeinen Fragen wird unter 0,591 „Biologische Zoologie“ untergebracht: Da ist z. B. 0,5911 Physiologie, 0,5912 Pathologie und Teratologie; 0,5913 Embryologie und 0,5914 Anatomie. Letztere z. B. wird dann weiter eingeteilt in 0,59141 Zirkulations-Organe; 0,59142 Atmungsorgane; 0,59147 Bewegungsorgane; 0,591471 Skelett (auch wieder fälschlich als Unterordnung unter Bewegungsorganen erscheinend!); 0,591478 Haare, Nägel, Federn; 0,5914788 Hörner, Geweihe etc.

Die geographische Einteilung wird in Klammern gesetzt: (4) bedeutet z. B. Europa; (45) Italien; (45.81) Sizilien etc.

Der Einfachheit halber lässt man die 0 und das Komma weg und schreibt ganze Zahlen (wobei man aber nie vergessen darf, dass die erste Ziffer stets ihren Wert beibehält, auch wenn noch so viele andere folgen!) Ferner setzt man zum bequemeren Lesen Punkte zwischen die Zahlen, und Doppelpunkte zwischen Zahlen verschiedener Systeme.

Alle Arbeiten z. B. über den Hirsch tragen in der sytematischen Anordnung die Zahl 59.9.735, oder weil man die Nummer der Zoologie 59 als selbstverständlich weglässt 9.735; alle Arbeiten über die Geweihe irgend welcher Tiere tragen die Zahl 14.78.8. Die Arbeiten über das Geweih des Hirsches sind unter den kombinierten Zahlen 14.78.8 : 9.735 zu finden; die Arbeiten z. B. über die Hirsche Siziliens unter 9.735 (45.81).

Jede wissenschaftliche Publikation wird auf einen besonderen Zeddel gedruckt, mit der ihr zukommenden Nummer, und diese Zeddel, dreimal gedruckt, werden nach drei verschiedenen Systemen in Schubladen angeordnet: systematisch, biologisch und geographisch.

Die grossen Vorteile dieses Systems sind folgende:

1. Unbegrenzte Ausdehnungsfähigkeit, durch Angliederung immer neuer Dezimalen.

2. Grosse Anpassungsfähigkeit an die verschiedensten Bedürfnisse.

3. Die allgemeine internationale Übereinstimmung.

4. Die Möglichkeit, auch die Bibliotheken darnach anzuordnen.

5. Die gewaltige Zeitersparnis für den Besucher: Wer z. B. wissen will, was seit 1896 (so weit zurück reicht der Katalog des Conciliums) über das Geweih des Hirsches geschrieben wurde, kann mit einem Griff unter 14.788 : 9.735 in der Schublade die betreffenden Zeddel hervorholen. Wer

Studien über die Fauna Siciliens macht, findet die gesamte Literatur darüber beieinander unter 19 (45.81).

6. Die Möglichkeit, auf die Literatur eines bestimmten Gebietes zu abonnieren; man bekommt dann vom Concilium die gesamten Zeddel über die Literatur dieses Gebietes zugesandt.

Das Concilium Bibliographicum in Zürich ist ein von Dr. Haviland Field 1896 gegründetes und von ihm geleitetes, vom Bund, Kanton und Stadt Zürich subventioniertes Institut (seit 1909 als Genossenschaft und Verlagsgeschäft organisiert), das sich mit der Herausgabe gedruckter Zeddelkataloge der Zoologie, Palaeozoologie, Anatomie, Biologie und Physiologie nach dem Dezimalsystem beschäftigt, und in einem eigenen Hause an der Hofstrasse 49, Zürich V, untergebracht ist. Es werden alle in obigen Gebieten erscheinenden wissenschaftlichen Publikationen durchgelesen, um sie nach ihrem Inhalt klassifizieren zu können; die Anstalt zieht etwa 4000 Zeitschriften aus, von denen sie eine grosse Zahl selbst besitzt oder in den vielen Bibliotheksschätzen Zürichs zur Verfügung hat; die übrigen werden in den grossen Bibliotheken des Auslandes aufgesucht. In der im Hause befindlichen eigenen Druckerei wird unter sorgfältiger Korrektur jeder Zeddel vielmal gedruckt; drei Exemplare werden in die oben genannten drei Systeme eingereiht, die übrigen an die Abonnenten versandt oder aufbewahrt. Ausser dieser Arbeit hat das Institut noch einen handschriftlichen Index der in der Zoologie neu aufgestellten Spezies hergestellt.

In der Diskussion, an welcher sich die Herren Prof. Hescheler, Prof, Heim, Dr. Hermann Escher, Direktor Dr. Field und der Vortragende beteiligten, wurde vom Erstgenannten betont, dass sich das Dezimalsystem auf dem zoologischen Institut beider Hochschulen, wo es für die Anordnung der Bibliothek und des Zeddelkataloges angewandt wird, ansgezeichnet bewährt habe. Es wurde weiter hervorgehohen, dass die naturwissenschaftliche Welt Herrn Dr. Haviland Field dafür ausserordentlich dankbar sein muss, dass er unter grossen persönlichen Opfern und mit grosser Energie und Ausdauer das Institut auf seine jetzige Höhe gebracht hat, wo es der Wissenschaft so hervorragende Dienste leistet und zugleich die Zürcher Bibliotheksliteratur so bedeutend vermehrt (vertragsgemäss werden alle dem Concilium zugehenden Zeitschriften zunächst dem zoologischen Institut beider Hochschulen übergeben und sollen später an die Zentralbibliothek übergehen). Seine zukünftige Ausdehnung auf weitere Gebiete sei lebhaft zu wünschen. Mit Bezug auf diesen Punkt wurde mitgeteilt, dass der internationale Forstkongress beschlossen habe, dem Concilium die Durchführung der forstlichen Bibliographie zu übertragen, und dass auf dem letzten internationalen Botaniker-Kongress in Brüssel von der bibliographischen Sektion eine Kommission ernannt wurde mit dem Auftrag, die Anhandnahme einer botanischen Bibliographie nach „der Methode des Concilium Bibliographicum in Zürich vorzubereiten“.

Der Vortragende teilte mit, dass Herr Direktor Dr. Field und er selbst jederzeit bereit seien, das Institut den Mitgliedern der Gesellschaft zu zeigen; die Einladung zum Besuch sei auch an dieser Stelle wiederholt.

Protokoll der Sitzung vom 21. Februar.

Vorsitzender: Prof. Dr. C. Schröter.

Das Protokoll wird genehmigt.

Der Vorsitzende teilt die von Herrn Joh. Kaspar Escher-Hess und Dr. Caesar Schoeller eingelaufenen Dankschreiben mit.

Die in der letzten Sitzung Angemeldeten werden einstimmig aufgenommen.

Folgende Neuanmeldungen sind eingegangen:

Herr Adler, Guido, Ingenieur,
angemeldet von Herrn Prof. C. Schröter.

„ Klett, Max, Dr. phil., Chemiker,
angemeldet von Herrn Dr. med. Fr. Brunner.

„ Rodari, Palmir, Dr. med., Privatdozent,
angemeldet von Herrn Dr. med. Fr. Brunner.

„ v. Wyss-Schindler, Wilh., Dr. phil., Prof. am Gymnasium,
angemeldet von Herrn Dr. med. C. Schindler.

Die nun folgende sehr lebhafte Diskussion über das Relativitätsprinzip fand in zwangloser Weise, ohne Protokollführung statt. Sie wurde benützt von den Herren Prof. Stodola, Prof. Meissner, Fritz Müller, Dr. Laemmel, Ingenieur Bloch und Herrn Prof. Einstein, der zur Einführung die Ableitung der Transformationsgleichungen und zum Schluss noch eine gedrängte Übersicht über die neue Lichtquantentheorie gab. Er führte folgendes aus:

Es hat sich herausgestellt, dass wenn man die Maxwellsche Elektrizitätstheorie und die molekularkinetische Betrachtungsweise auf gewisse Erscheinungen der Lichterzeugung und Lichtverwandlung anwendet, Widersprüche mit den beobachteten Tatsachen, insbesondere der „schwarzen Strahlung“ und der Entstehung von Kathodenstrahlen zu Tage treten. Diese Widersprüche lassen sich beheben, wenn man die Arbeitshypothese einführt, dass bei der Ausbreitung des Lichtes die Energie nicht kontinuierlich den Raum erfüllt, sondern aus einer endlichen Zahl von in Raumpunkten lokalisierten Energiequanten besteht, welche sich bewegen, ohne sich zu teilen, und nur als Ganze absorbiert und erzeugt werden können. Treffen diese Energiequanten eine photolumineszierende Substanz, so muss nach dem Energieprinzip die bei einem Elementarprozess ausgestrahlte Energie gleich oder kleiner sein als die eingestrahlte Energie, und es ergibt sich aus der Formel für die Energie des Lichtquantes auf einfache Weise die bekannte Stokes'sche Frequenzregel. Bei der Erzeugung von Kathodenstrahlen durch Belichtung fester Körper wird die Energie der Lichtquanten in kinetische Energie von Elektronen verwandelt, und nun erst versteht man, dass die Qualität der Kathodenstrahlung, d. h. die Geschwindigkeit der Elektronen unabhängig sein kann von der Intensität des erregenden Lichtes, während die Zahl der fortgeschleuderten Elektronen der Zahl der Lichtquanten proportional ist. Aus der Planck'schen Strahlungsformel ist aber zu folgern, dass Hand in Hand hiermit, eine Änderung einherzugehen hat bezüglich unserer Vorstellungen über den molekularkinetischen Mechanismus der Energieübertragung auf schwingungsfähige Jonen oder Elektronen (Resonatoren), indem die Energie derselben sich sprungweise nur um ein ganzzahliges Vielfaches, eben eines Lichtenergiequants, ändern kann. Indem man diesen Mechanismus auch auf die Schwingungen überträgt, welche den materiellen Molekulen eines festen Körpers infolge seiner Wärmebewegung zukommen, ergibt sich eine überraschende Aufklärung für die Änderung der spezifischen (Molekular-) Wärme der festen Körper mit der Temperatur, die bis anhin ein vollkommenes Rätsel geblieben war.

Schluss der Sitzung ½11 Uhr.

Protokoll der Sitzung vom 27. Februar.

Vorsitzender: Prof. Dr. C. Schröter.

Das Protokoll der letzten Sitzung wird genehmigt.

Die das vorige Mal Angemeldeten werden einstimmig aufgenommen.

Neuanmeldungen lagen in dieser Sitzung keine vor.

Dagegen sind seither 2 Anmeldungen eingegangen, welche ausnahmsweise hier jetzt schon mitgeteilt werden, damit in der kommenden letzten Sitzung dieses Semesters über dieselben abgestimmt werden kann:

Herr Dr. jur. D. Schindler-Stockar, empfohlen durch Prof. Schröter,
„ Dr. phil. Tolwinsky, Geologe, empfohlen durch Prof. Heim.

Herr Dr. E. Cherbuliez hält einen Vortrag über:

Leonhard Eulers Arbeiten
auf dem Gebiet des Maschinen- und Ingenieur-Wesens.

Es sollen nur diejenigen Abhandlungen L. Euler's besprochen werden, in denen er die Gesetze der Mechanik auf die Untersuchung der Bewegungszustände von Maschinen anwendet, auf welche verschiedene Arten von bewegenden Kräften einwirken; es werden somit seine theoretischen Untersuchungen über die Reibung und über die Festigkeitslehre unberücksichtigt bleiben; es sollen ferner seine Schiffsbau-technischen Arbeiten nicht berührt werden.

Bei dieser Einschränkung umfassen Euler's Leistungen auf dem angegebenen Gebiete immerhin noch 26 Arbeiten im Gesamtumfang von 858 in-4°-Druckseiten (13 lateinisch, 12 französisch, 1 deutsch geschrieben).

Hinsichtlich der behandelten Gegenstände verteilen sich diese 26 Arbeiten wie folgt:

I. Gruppe. Am 27. März 1738 legte Euler der Petersburger Akademie eine Abhandlung über den vorteilhaftesten Gebrauch der einfachen, sowie der zusammengesetzten Maschinen vor; nach einigen sehr fesselnden Betrachtungen über den ganz unzulänglichen Zustand der theoretischen Maschinenlehre und über die Gründe desselben setzt Euler die verschiedenen Punkte auseinander, auf welche es bei jeder Maschine ankommt, um die Leistungsfähigkeit derselben aus ihrem Bau und der Art des treibenden Agens zu beurteilen und in jedem Fall die vorteilhafteste Leistung zu erzielen. Die als Ergebnis dieser Erörterungen gewonnenen Schlüsse werden dann besonders auf die einfachen Maschinen angewendet; in 7 in musterhafter Weise durchgeführten Beispielen über den Hebel, das Rad an der Welle und Räderzusammensetzungen zeigt Euler, wie derartige Fragen unter Anwendung der Sätze der Dynamik zu behandeln sind.

Zwölf Jahre später, am 26. Januar 1750, übergab Euler der Petersburger Akademie unter dem Titel: Über die Maschinen im Allgemeinen eine, schon 1746 abgefasste, weitere Bearbeitung desselben Gegenstandes; er vertieft und verallgemeinert die in der ersten Arbeit angestellten Betrachtungen und untersucht die einfache Bewegung einer Last auf horizontaler, schiefer und vertikaler Bahn unter der Einwirkung einer horizontal gerichteten Treibkraft: dabei wird die Reibung besonders berücksichtigt und die bekannte Formel für die mit ihrer eigenen Geschwindigkeit veränderliche Zug- oder Stosskraft eines Arbeiters oder eines Tieres aufgestellt. Zuletzt las am 26. Februar 1756 Euler in der Berliner Akademie eine Abhandlung über die „Grundsätze der Theorie der Maschinen“ vor. In derselben stellt er zur Beurteilung einer

Maschine und zur Bestimmung ihres Nutzeffektes 16 Grundsätze auf, die er, zum Teil ohne, zum Teil mit sehr geringem Aufwand von mathematischen Entwicklungen erörtert und beweist.

Zu einem Ganzen zusammengefasst bilden diese drei, 84 4°-Druckseiten umfassenden Arbeiten eine ungemein klare, leichtfassliche Einleitung in die Maschinenlehre, der zur Zeit ihrer Abfassung nichts Ähnliches zur Seite gestellt werden konnte und die heute noch mit Genuss und Vorteil gelesen werden kann.

II. Gruppe. 1750 hatte der Professor der Physik an der Universität Göttingen, Johann von Segner, zwei Schriften herausgegeben, in welchen er das von ihm erfundene und nach ihm benannte Reaktions-Wasserrad beschrieb und den Versuch machte eine Theorie desselben aufzustellen. Dadurch erhielt Euler eine nachhaltige Anregung; in den 3 folgenden Jahren beschäftigte er sich mit der Theorie dieser Maschine eingehend; als Frucht dieser Studien legte er zunächst, am 2. September 1751, der Berliner Akademie 2 grössere Arbeiten vor.

Die erste trägt die Überschrift: Untersuchungen über den Nutzeffekt einer von Herrn Segner, Professor in Göttingen, vorgeschlagenen, hydraulischen Maschine. Die zweite behandelt die „Anwendung der hydraulischen Maschine des Herrn Segner auf allerlei Arten von Arbeiten und die Vorzüge derselben vor allen andern gewöhnlich verwendeten hydraulischen Maschinen".

In der ersten Abhandlung untersucht Euler die Druck- und Geschwindigkeitsverhältnisse in einer sich um eine vertikale Axe drehenden Röhre, die vom Wasser unter konstanter Druckhöhe durchflossen wird, wenn das Wasser am unteren Teile der Röhren durch eine seitliche Ausflussmündung horizontal ausströmt; die Betrachtung wird auf ein System solcher, symmetrisch um die Drehaxe verteilten Röhre ausgedehnt, und die Leistung einer solchen Maschine für eine gegebene verfügbare Wassermenge berechnet. Das war schon eine Erweiterung der ursprünglichen Segner'schen Konstruktion.

In der ebenso scharfsinnig als sinnreich durchgeführten Lösung von 7 Hauptaufgaben wird die Untersuchung erledigt: erwähnenswert ist der erste Versuch einer theoretischen Bestimmung der Wirkung der Reibung der Flüssigkeit gegen die Röhrenwand.

Am 28. September 1752 trug Euler in der Berliner Akademie eine neue Abhandlung über die „Bestimmung des Effekts einer von Herrn Segner, Professor in Göttingen, erfundenen hydraulischen Maschine" vor; dieselbe ist augenscheinlich eine Umarbeitung der beiden Arbeiten vom 2. September 1751; in einer Reihe von 6 sehr ausführlich behandelten Aufgaben werden alle in den früheren Abhandlungen betrachteten Fragen wieder erörtert.

Nach Ablauf eines weitern Jahres führte Euler eine durch die Segner'sche Erfindung angeregte neue Untersuchung zu Ende; als eine „vollständigere Theorie der durch die Reaktion des Wassers in Bewegung versetzten Maschinen" teilte er sie am 15. November 1753 der Berliner Akademie mit. In dieser Arbeit werden sämtliche, in den früheren Abhandlungen berührten Fragen einer neuen, gründlichen Prüfung unterzogen und zum Teil in allgemeinerer Auffassung behandelt; in 12 Aufgaben wird der ganze Untersuchungsstoff übersichtlich geordnet und systematisch erledigt; dabei ist in Euler's Händen aus dem ursprünglichen Segner'schen Rade eine eigentliche Reaktions-Turbine geworden.

Zusammengefasst stellen diese 4 Arbeiten auf 192 4°-Druckseiten den ersten Versuch einer wissenschaftlichen Theorie der Wasser-Reaktions-Turbinen dar und bilden einen bedeutenden Markstein in der Entwicklung der Maschinenlehre; die von Euler gewonnenen Hauptergebnisse sind heute noch gültig.

III. Gruppe. Zum Teil bevor er sich mit dem Segner'schen Rade beschäftigte, zum Teil gleichzeitig mit diesen Untersuchungen, hat Euler der Frage der Bewegung und der Hebung des Wassers in den Röhrenleitungen von Pumpwerken, sowie zwei anderen maschinellen Vorrichtungen zur Wasserhebung seine Aufmerksamkeit gewidmet; so entstanden von Ende 1749 bis Ende 1751 5 Arbeiten.

Die erste, Über die Bewegung des Wassers in Röhrenleitungen, legte er am 23. Oktober 1749 der Berliner Akademie vor; in derselben behandelt er den Fall, wo mit Hülfe von Pumpen Wasser in Leitungsröhren hinaufgedrückt wird, die es in einen in gegebener Höhe über dem Spiegel des gehobenen Wassers gelegenen Behälter ausströmen lassen; mit der dem Verfasser eigenen, unvergleichlichen Klarheit werden in einer Reihenfolge von 5 Aufgaben die sämtlichen bei einer solchen Anlage in Betracht kommenden Fragen erörtert, wobei auf die Druckverhältnisse an verschiedenen Stellen der Pumpenstiefel, wie der Steigröhren und auf die Festigkeit dieser Teile besondere Rücksicht genommen wird.

An diese Arbeit schliesst sich die am 20. November 1749 der Berliner Akademie mitgeteilte „besondere Erörterung über verschiedene Arten, mit Hülfe von Pumpen Wasser mit dem grösstmöglichen Vorteil zu heben, unmittelbar an. Im ersten Drittel dieser Arbeit wird an die Ergebnisse der vorhergehenden angeknüpft, die weiteren Erörterungen unterzogen werden; die zwei anderen Drittel bilden Betrachtungen über die verschiedenen Arten von Kräften, die zum Betrieb von Pumpwerken verwendet werden können; getrennt behandelt werden die Menschenkraft, die Kraft der Pferde, die Kraft eines Wasserlaufs, die Kraft des Windes; bei der Erörterung dieser letzteren trifft man auf den ersten Versuch Euler's und, wenn ich nicht irre, auf den ersten Versuch überhaupt, einer mathematischen Theorie des Winddrucks auf die Flügel einer Windmühle.

Als Abschluss seiner Untersuchungen über das Heben von Wasser mit Hülfe von Pumpwerken, reichte Euler der Berliner Akademie am 5. Febr. 1750, unter der Überschrift „Grundsätze zur vorteilhaftesten Entwicklung der zur Wasserhebung vermittelst Pumpwerken bestimmten Maschinen“ eine Arbeit ein, in welcher er sich vornimmt, die Regeln aufzustellen, aus denen für jede gegebene Art von treibender Kraft die vorteilhafteste Pumpenanlage zur Hebung einer gegebenen Wassermenge auf eine gegebene Höhe bestimmt werden kann; als Zusammenfassung der Ergebnisse der früheren Untersuchungen stellt Euler 15 Grundsätze auf, die er ohne mathematischen Apparat erörtert und begründet: es ist eine für mathematisch nicht gebildete Leser, namentlich für praktische Maschinenbauer, bestimmte Belehrung über Bau und Anlage von Pumpwerken.

Am 21. Oktober, bezw. am 18. November, legte Euler der Berliner Akademie Abhandlungen über die Archimedische Schraube, bezw. über eine neue von H. de Mour (einem französischen Ingenieur) vorgeschlagene Art der Wasserhebung vor; erstere enthält eine vollständige Theorie der Archimedischen Schraube: im allgemeinen Fall führte dieselbe Euler auf eine Differential-Gleichung, die er nicht integrieren konnte; in der zweiten Arbeit

entwickelt Euler eine mathematische Theorie der in der betreffenden Vorrichtung auftretenden Druck- und Geschwindigkeitsverhältnisse.

Stellt man sich diese fünf Arbeiten zu einem Buche im Umfang von 188 Quartseiten vereinigt vor, so ergeben sie eine recht vollständige, und für die Mitte des 18. Jahrhunderts einzige mathematische Theorie der Wasserhebung vermittelst Pumpwerk, nebst einem durch die beiden letzten Abhandlungen gebildeten Anhang.

IV. Gruppe. Von Jugend auf beschäftigte sich Euler gerne mit nautischen Fragen; dieser Neigung sind, ausser seinen schiffsbautechnischen, folgende Arbeiten zu verdanken:

Am 3. März 1738 legte er der Petersburger Akademie Betrachtungen „über die Bewegung von mit Rudern auf Flüssen bewegten Kähnen", vor; in fünf hübsch durchgeführten Aufgaben wird die Untersuchung erledigt, die sich auf die Bahn eines durch Ruderkraft auf einem Strom fortbewegten Kahnes bezieht und wesentlich geometrischer Art ist.

Bedeutender ist die am 21. November 1747 der Berliner Akademie übergebene Denkschrift über die Kraft der Ruder. Diese Arbeit knüpft an die von Bouguer in seinem Traité du navire (1746. Paris) entwickelte Theorie der Wirkung der Ruder an und erweist sich als eine vollständige mathematische Theorie der Fortbewegung von Schiffen vermittelst Ruderkraft; zu einer Zeit, wo in mehreren europäischen Ländern der Galeerendienst eine staatliche Einrichtung war, entbehrte eine derartige Untersuchung der praktischen Bedeutung nicht.

In der am 2. November 1748 der Petersburger Akademie vorgelegten Prüfung eines von Jakob Bernoulli I. einst vorgeschlagenen Mechanismus zur Fortbewegung eines Schiffes mit Hülfe einer inneren Bewegungsursache bewies Euler die Widersinnigkeit dieses Vorschlages.

Für das Jahr 1753 hatte die Berliner Akademie eine Preisfrage über die vorteilhafteste Art, auf grösseren Schiffen die Kraft des Winds zu ersetzen, ausgeschrieben. Euler bewarb sich durch Einsendung einer lateinischen Denkschrift mit der Überschrift: Über die Fortbewegung der Schiffe ohne Wind, um den Preis, der ihm, wenn auch geteilt, zuerkannt wurde.

Die zur Fortbewegung der Schiffe ohne Benützung der Kraft des Windes geeigneten Vorrichtungen teilt Euler in zwei Gruppen ein; die erste umfasst die Vorrichtungen, die den Stoss des Wassers als bewegende Kraft benutzen; es werden vier derartige Maschinen vorgeführt, darunter seitliche Schaufelräder, wie sie später bei Dampfschiffen verwendet wurden, und am Schiffshinterteil angebrachte Räder mit zur Schiffs-Axe schiefen Schaufeln (eine Art Vorläufer der Schiffsschrauben) untersucht und deren Theorie für jeden einzelnen Fall aufgestellt; die zweite Gruppe wird durch die Vorrichtungen gebildet, in welchen die Reaktion des Wassers als Bewegungsmittel verwendet wird. Von solchen Vorrichtungen gibt Euler zwei an und entwickelt die mathematische Theorie derselben.

Eine am 5. Juli 1759 in der Berliner Akademie vorgelesene Denkschrift: Betrachtungen über den Bau von Deichen wurde durch ein Gutachten über eine aus der Praxis entstandene Streitfrage des Deichbaus, das von Euler verlangt worden war, angeregt: in Eulers Händen wuchs sich die Beantwortung der von ihm gestellten Frage zu einer ungemein sinnreichen und scharfsinnigen mathematischen Abhandlung aus.

Über die Anwendung der Kraft eines Flusses auf die Bergfahrt der Schiffe reichte Euler am 12. Oktober 1775 eine kurze Arbeit ein,

in welcher eine durch die Kraft des Stroms getriebene Tau-Vorrichtung beschrieben und theoretisch untersucht wird.

Mit diesen sechs Arbeiten, die 130 Quartseiten umfassen, hat Euler eine besondere Abteilung von Untersuchungen über die Verwendung von Maschinen bei der Schiffahrt geliefert.

V. Gruppe. Schon 1749 hatte Euler den Versuch gemacht, den Druck des Winds auf einen Windmühle-Flügel theoretisch zu bestimmen. Diese Frage hat er später ausführlich behandelt; unterm 15. September 1751 übergab er der Petersburger Akademie eine umfangreiche Abhandlung „Über den zweckmässigsten Bau der Windmühlen", in welcher in elf grösseren Aufgaben die sämtlichen, beim Bau der Flügel der Windmühlen in Betracht kommenden Fragen, vor allem die vom Winde bedingten Druckverhältnisse, einer eingehenden theoretischen Untersuchung unterzogen werden; mehrere Jahre später nahm er diese Untersuchungen wieder auf; die Ergebnisse dieser neuen Studien teilte er am 15. Januar 1756 der Berliner Akademie als „genauere Untersuchungen über den Effekt der Windmühlen" mit.

In dieser Arbeit knüpft Euler an diejenigen von 1751 an, indem er die dort von ihm angenommene Gestalt des Gesetzes der Abhängigkeit der Druckkraft des Winds von der Windgeschwindigkeit verwirft und dieser Frage eine neue Untersuchung widmet; darauf wurden alle auf Winddruck, Flügelgeschwindigkeit, Leistung der Maschine bezüglichen Fragen einer eingehenden mathematischen Behandlung unterzogen und die sich daraus ergebenden Schlüsse mit Erfahrungs-Ergebnissen verglichen.

Zusammengefasst liefern diese beiden Arbeiten mit 138 Quartseiten die im 18. Jahrhundert bedeutendste, jedenfalls die erste und wohl die einzige wissenschaftlich aufgebaute Theorie der Windmühlen.

VI. Gruppe. Dieselbe bilden in zusammen 115 Quartseiten die am 23. März 1752 in Berlin mitgeteilte Abhandlung über die zweckmässigste den Zähnen der Zahnräder zu gebende Gestalt, nebst dem am 20. Januar 1753 in Berlin eingereichten Nachtrag über die Gestalt der Zähne der Zahnräder, ferner die am 17. Februar 1738 der Petersburger Akademie übergebene Untersuchung über die Wagen, die am 17. Januar 1754 in Berlin vorgelegte Abhandlung Über die Wirkung der Sägen, die am 24. November 1757 in der Berliner Akademie vorgelesene Arbeit über die Bewegung und die Abschleifung optischer Linsen während sie auf Schleiftrommeln geschliffen werden und zuletzt die am 18. Mai 1772 der Petersburger Akademie übergebene Abhandlung von der Kraft der Rammen, Pfähle einzuschlagen; sie verdienten eine nähere Besprechung; wertvoll sind sie alle; in einigen derselben macht Euler die allerersten Versuche einer theoretischen Behandlung von Werkzeugsmaschinen.

* * *

Diese Arbeiten L. Eulers, die nur einen kleinen Teil seiner Gesamtleistungen bilden, berechtigen uns, in ihm den bahnbrechenden Begründer der theoretischen Maschinenlehre, den genialen Vorläufer der Poncelet, Redtenbacher, Grashof, Zeuner (um nur die Namen einiger Verstorbener zu erwähnen) zu erblicken.

Diskussion.

Prof. Prášil dankt dem Vortragenden persönlich für die hochinteressanten Ausführungen, durch welche die Arbeiten Eulers eine Beleuchtung erfuhren,

welche geeignet ist, dem Maschinen-Ingenieur die Bedeutung des genialen Mannes und seine Weitsichtigkeit für die Bedürfnisse wissenschaftlicher Arbeit auf den Gebieten der Maschinentechnik so recht vor die Augen zu führen; der Inhalt der zitierten Vorreden Eulers zu einzelnen seiner Arbeiten entspricht doch direkt den Bestrebungen, die heute an technischen Hochschulen für Lehre und Unterricht leitend sind, und auch von der produzierenden Praxis anerkannt werden.

Der Einfluss der Ideen Eulers reicht allerdings nicht zurück bis zu den ersten Zeiten des Maschinenbaues, sondern beginnt erst, als Redtenbacher und namentlich Grashof der Fachwelt die Resultate Eulerscher Untersuchungen in ihren grundlegenden Werken vorführten und dieselben weiter ausbauten.

Spezielles Interesse boten die Ausführungen betreffend die Arbeiten über Wasserkraft- und Wasserhebemaschinen, aus welchen zu erkennen war, welche Begeisterung Euler der Erfindung des Reaktionsrades durch Segner entgegenbrachte, und welch' kühne Hoffnungen er bezüglich der Vervollkommnung der ersteren durch Anwendung theoretischer Ergebnisse bei Berechnung und Konstruktion hegte; wenn er nun auch, wie aus seinen Äusserungen hervorgeht, im Laufe der Zeit unter dem Einfluss von Erfahrungen seine Erwartungen erheblich reduzieren musste, so blieb doch seine Zuversicht für die Bedeutung dieser Art Maschinen ungeschwächt bestehen, und die Erfolge des modernen Maschinenbaues, welche durch die Resultate an Francisturbinen, Peltonrädern und Zentrifugalpumpen die Erwartungen Eulers heute als gerechtfertigt erscheinen lassen, legen Zeugnis ab von der Weitsichtigkeit des genialen Mannes; der Umstand, dass seine den Kraftumsatz in Kreiselrädern mit vollster Schärfe und ökonomischer Kürze charakterisierende Momentenformel heute zum ständigen Gebrauchsgut aller in dieser Richtung wissenschaftlich arbeitenden Ingenieure geworden ist, beweist im weitern den Scharfblick, mit welchem Euler den theoretischen Teil der Probleme in Angriff nahm und zur Lösung brachte.

Wenn Eulers Name trotz der genannten Hinweise doch nicht allgemein seinem Verdienste entsprechend gekrönt ist, so dürfte dies durch den Umstand der derzeitigen schweren Zugänglichkeit seiner Originalarbeiten veranlasst sein; den Mitarbeitern an der im Drucke befindlichen Ausgabe der Eulerschen Werke, zu denen auch der Vortragende gehört, gebührt deshalb auch der Dank der Maschinen-Ingenieure.

Protokoll der Sitzung vom 13. März 1911.

(Im Auditorium der landwirtschaftl. Schule der eidgen. techn. Hochschule.)

Vorsitzender: Prof. Dr. C. Schröter.

Das Protokoll der letzten Sitzung wird genehmigt.

Die Herren Dr. Schindler-Stockar und Dr. Tolwinsky werden einstimmig in die Gesellschaft aufgenommen.

Der Vorsitzende macht Mitteilung vom Tode unseres Mitgliedes Herrn Sigg-Sulzer; die Versammlung erhebt sich zu Ehren des Verstorbenen von ihren Sitzen.

Zum Eintritt in die Gesellschaft hat sich, empfohlen von Herrn Prof. Schröter, angemeldet, Fräulein Rosa Fürst, stud. chem.

Herr Prof. Bredig hält einen Vortrag über: Kontaktchemische Erscheinungen in Wissenschaft und Technik und begleitet ihn mit Experimenten und Projektionen.

Die Diskussion wird benützt von Herrn Prof. Willstätter.

Der Vorsitzende spricht Herrn Prof. Bredig für seinen Vortrag und Herrn Prof. Jaccard für die Überlassung des Hörsaales und des Projektionsapparates den wärmsten Dank der Gesellschaft aus.

Protokoll der ausserordentlichen Sitzung vom 24. Juni 1911.

Vorsitzender: Prof. Dr. C. Schröter.

Zur Aufnahme in die Gesellschaft haben sich folgende Kandidaten angemeldet:

Das Carnegie-Museum in Pittsburg, Pennsylvanien,
empfohlen durch Herrn Prof. Dr. Hans Schinz.

Herr Dr. Peter Debije, Prof. für theoretische Physik,
empfohlen durch Herrn Prof. Dr. Kleiner.

Herr Dr. E. Fehr, Prof. der Kinderheilkunde an der Universität,
angemeldet von Herrn Prof. Dr. Schröter.

Herr Oskar Rothenhäusler, dipl. Apotheker, stud. med.,
angemeldet von Herrn Prof. Dr. Schröter.

Herr Dr. Albert Thellung, Privatdozent,
angemeldet von Herrn Prof. Dr. Hans Schinz.

Herr Grölly-Haas, Kaufmann,
angemeldet von Herrn Prof. Zitschmann.

Traktanden: Der Vorsitzende begrüsst die zahlreich erschienenen Anwesenden und insbesondere den verehrten Gast, Hrn. Prof. Tschirch. Derselbe hält einen von zahlreichen Projektionsbildern begleiteten und durch Demonstrationen unterstützten Vortrag über: Die Urfeige und ihre Beziehungen zu den Kulturfeigen[1]).

Solange sich Menschen mit Naturwissenschaft beschäftigen, ist das „Feigenproblem" studiert worden, — schon Theophrast, einer der grössten Naturforscher aller Zeiten, beschäftigte sich mit ihm — aber gelöst ist es bis heute noch nicht ganz. Was bis jetzt festgestellt wurde, habe ich in meinem „Handbuch der Pharmakognosie" zusammengefasst und dort bereits angedeutet, wo die weitere Forschung einzusetzen hat.

Es musste durch einwandfreie Versuche festgestellt werden, ob bei *Ficus Carica* Parthenogenesis, die bei einigen anderen *Ficus*-Arten beobachtet ist, vorkommt. Es musste untersucht werden, ob wirklich — entgegen der Anschauung der Feigenzüchter — die Kaprifikation, wie Solms-Laubach meint, nur „eine in längst vergangenen Zeiten notwendig gewesene, jetzt kaum mehr nützliche, durch die lebendige Überlieferung von Generation zu Generation bis zum heutigen Tage in gleicher Form konservierte gärtnerische Operation" ist. Es musste ferner festgestellt werden, ob der Caprificus (*ἐρίνεος*) und der schon von Theophrast von ihm getrennte sog. „wilde" Feigenbaum (*συκῆ ἀγρία*) identisch sind oder nicht und eventuell welche Beziehungen zwischen beiden bestehen.

Diese Fragen lassen sich nicht diesseits der Alpen lösen. Sie müssen in einem Feigenlande, in ständigem Verkehr mit den Kultivateuren, studiert werden. Als solches wählte ich Italien, das Land, das im Süden kaprifiziert, im Norden aber nicht. Aber schon bei mehreren früheren Besuchen dieses Landes hatte ich mich davon überzeugt, dass es für einen Nicht-Italiener ausserordentlich

[1]) Nach Ber. d. d. Botan. Ges. 1911, Heft 3, aber mit zahlreichen Zusätzen versehen.

schwierig ist, Zutritt zu den Kulturen zu erlangen. Dazu treten sprachliche Schwierigkeiten in einem an Dialekten so reichen Lande, wie es Italien ist. Zudem ist es, um einen Einblick in die gesamte Feigenkultur Italiens zu erlangen, notwendig, das ganze Land von der Riviera bis nach Sizilien zu bereisen, und die Studien über wenigstens ein Jahr auszudehnen. Aus diesen Gründen habe ich auf den zuerst geplanten mehrmonatlichen Aufenthalt in der zoologischen Station in Neapel, weil doch nicht zum Ziele führend, verzichtet, und einem meiner Schüler, der als einer der Leiter einer grossen pharmazeutischen Gesellschaft in Rom zahlreiche Beziehungen über das ganze Land und dadurch Zutritt zu allen Feigengärten besass, vorgeschlagen mit mir und unter meiner Leitung die obigen Fragen zu studieren. Herr Ravasini hat sich mit grossem Eifer der Aufgabe gewidmet, die gesamte Literatur über den Gegenstand, besonders die sehr wertwolle ältere italienische, eingehend studiert und während 1½ Jahren das ganze Land, jedenfalls alle Gegenden, in denen Feigen kultiviert werden, — Ligurien, Toskana, Marche, Abruzzo, Latium, Campania, Basilicata, Apulien, Calabrien und Sizilien — bereist und ein Material gesammelt, wie es noch niemals zuvor beisammen war. Er hat über 3000 Feigenbäume, die über 100 verschiedenen Spielarten angehörten, angesehen und über sie Nachrichten bei den Kultivateuren eingeholt. Er hat über 20,000 Fruchtstände geöffnet und dieses Riesenmaterial dann nach sorgfältiger Sichtung nach dem von mir entworfenen Arbeitsplane, teils in meinem Institute in Bern, teils in seinem Laboratorium in Rom einem genaueren Studium unterworfen.

Die erste Frage, die wir in Angriff nahmen, war die nach dem Vorkommen von Parthenogenesis bei der Feige. Herr Ravasini hat den von mir schon im „Handbuche" geforderten Gazebeutelversuch ausgeführt (die früher benutzte Methode, die Krüge mit Lack zu verschliessen, ist schon deshalb unbrauchbar, weil das Inquilin die Krüge in einem sehr frühen Entwicklungsstadium besucht). Er hat an 22 Feigenbäumen diverser Spielarten an verschiedenen Orten der Umgegend von Rom im ganzen 171 junge Blütenstände in der Weise in Gazebeutel eingeschlossen, dass die ganzen, die Blütenstände tragenden Zweige frühzeitig genug in die Hülle eingeschlossen wurden, der Zutritt der Blastophaga also unmöglich war. Das Resultat war, dass in keinem Blütenstande ein Same zur Entwicklung kam, während die übrigen Blütenstände desselben Baumes reichlich Samen bildeten. Bei den von uns untersuchten Feigenbäumen wenigstens war also Parthenogenesis ausgeschlossen. Auch Eisen und Longo leugnen bekanntlich das Vorkommen von Parthenogenesis bei der Feige.

Ich will übrigens an dieser Stelle bemerken, dass, um festzustellen, ob Samen gebildet sind, die morphologische Untersuchung nicht genügt. Oft wird die Fruchtschale ausgebildet, trotzdem der Same taub ist.

Nachdem so der Boden geebnet war, wurde nunmehr die Frage studiert, ob Caprificus und wilder Feigenbaum identisch sind. Bis in die neueste Zeit wurden beide durcheinander geworfen. Es gelang uns festzustellen, dass beide sehr gut auseinander gehalten werden können und auch die Kulturfeige sich auf das Bestimmteste von dem wilden Feigenbaume unterscheidet. Da wir aus Gründen, die noch angeführt werden sollen, den letzteren als die eigentliche Art, die Urfeige, die anderen aber als zwei Kulturformen betrachten, von denen die eine die männliche, die andere die weibliche Form darstellt, so schlage ich vor, den wilden Feigenbaum, der ἐρίνεος und συκῆ in sich vereinigt, als *Ficus Carica* (L.) Erinosyce, den (männlichen) *Caprificus* als *Ficus Carica* (L.) *α Caprificus*, die

(weibliche) Kulturfeige als *Ficus Carica* (L.) β *Domestica* zu bezeichnen, nicht *var.* α *Caprificus* und *var.* β *Domestica*, da es Geschlechtsformen sind, nicht eigentliche Varietäten. Ich verwerfe also die Bezeichnungen *var.* α *sativa* für die Kulturfeige (in Fiori e Paoletti, Fl. anal. Ital. I, 2. 1898) und auch die Bezeichnung *var. Caprificus* für den wilden Feigenbaum (so z. B. schon — worauf mich Dr. Thellung aufmerksam machte — in Gouan, Hort. Monspel. 1762: Ficus Carica β Caprificus). Ich verwerfe auch den Namen *Ficus Carica silvestris*, den Eisen 1901 für *Caprificus*, und die Bezeichnung *Ficus Carica intermedia*, die er für unsere Domestica ex parte vorschlug, ebenso wie die Bezeichnungen von Trabut. Ich nehme für mich das Recht der Namengebung voll in Anspruch, da der vorliegende, von Ravasini und mir, wie ich glaube, aufgeklärte Fall — der einzige im Pflanzenreich bekannte, wo eine einhäusige Pflanze durch Kultur in ihre beiden Bestandteile (♀ und ♂) zerlegt wurde — eine eigene Nomenklatur rechtfertigt. Immerhin wäre zu prüfen ob man, um jede Verwechslung mit eigentlichen Varietäten auszuschliessen, statt α und β nicht a und b sagen oder α und β ganz weglassen sollte. Wir brauchen also jetzt nicht mehr die Kulturfeige von *Ficus virgata* Roxb. (F. *palmata* Forsk.) oder einer verwandten Art abzuleiten. Die Stammform existiert noch jetzt.

Es wurde von Herrn Ravasini an Exemplaren, die ihm als aus Samen hervorgegangen bezeichnet wurden, festgestellt, und durch alle Kultivateure bestätigt, dass aus Samen der weiblichen Kulturfeige, wenn sie das Inquilin erhalten, Exemplare des Fico selvatico, des wilden Feigenbaumes, hervorgehen, niemals Caprificus oder die weibliche Kulturfeige, die beide nicht durch Samen und nur durch Stecklinge fortgepflanzt werden können und tatsächlich auch nur durch diese fortgepflanzt werden, wie alle Kultivateure bestätigten. Erst durch das Inquilin wird der wilde Feigenbaum „vollständig", ohne dasselbe schrumpfen die Fruchtstände und fallen ab. Nur die wilde Feige, die noch jetzt sicher in vielen hunderten von Exemplaren in Italien wächst (wir haben ihre Standorte in Spezialkarten eingetragen, so dass sie jederzeit kontrolliert werden können), verhält sich wie eine gute Art, Caprificus und weibliche Kulturfeige tragen alle Charaktere von Kulturformen. Der Caprificus ist eine Kulturform wie die weibliche Kulturfeige. Dass aus Samen der Domestica anders geartete Feigenbäume entstehen, hatten schon Herrera und Cavolini beobachtet und Theophrast irrt nur darin, dass er aus ihnen wilde Feigenbäume und Caprificus hervorgehen lässt. Aber niemand hatte bisher einmal den Entwicklungsgang der wilden Feige näher angesehen. Wir haben es getan. In ihm liegt des Rätsels Lösung.

Verfolgt man die Entwicklung der Blütenstandsgeneration eines solchen wilden Feigenbaumes, der, wie Herr Ravasini durch zahlreiche Beobachtungen sicher stellte, in Nord- und Mittelitalien oft weit von Feigenkulturen abliegende Inseln bildet, in Süditalien aber oft in den Feigenkulturen selbst, an Wegrändern und Mauern vorkommt, — alle diese verhalten sich nach unseren Beobachtungen gleich — so lässt sich folgendes feststellen.

Der wilde Feigenbaum, *Ficus Carica* (L.) Erinosyce Tsch. et Ravas., der wahrscheinlich mit Ponteders 1720 kurz erwähnter Zwischenform Erinosyke identisch ist (auch Solms und Trabut hatten ihn einmal in Händen) und den die Bauern, die ihn, besonders in Ober- und Mittelitalien, wo Caprificus fehlt, sehr gut kennen und Fico selvatico, Fico spontaneo oder Fico naturale nennen, besitzt drei Generationen von Fruchtständen. Die erste Generation, die Profichi, die im Februar oder März an vorjährigem Holz in den Blattachseln angelegt wird und im

Juni oder Juli reif ist, enthält nur männliche und Gallenblüten. Sie ist nicht essbar. Die zweite Generation, die Fichi, die Ende Mai in den unteren Teilen des Baumes angelegt wird und im August und September reif ist, nur fertile, langgrifflige weibliche Blüten. Sie ist essbar. Und die dritte Generation, die Mamme, die im September in den oberen Teilen des Baumes an den jüngeren Trieben angelegt wird, aber erst im März und April des nächsten Jahres reif wird, nur Gallenblüten. Sie ist nicht essbar. Herr Ravasini hat durch zahlreiche Beobachtungen festgestellt, dass in den Fruchtständen der wilden Feige niemals männliche und weibliche Blüten im gleichen Kruge und auch niemals sterile, langgrifflige weibliche Blüten vorkommen.

Bei den Profichi liegen am Grunde und an den Seiten des Bechers nur Gallenblüten, die männlichen Blüten bilden einen Kranz um das Ostiolum. Die Profichi stellen die männliche Generation dar; sie bleiben fast bis zur Reifezeit milchend und hart und erweichen nur ganz zuletzt in unvollkommener Weise und ohne Zucker zu bilden. Sie sind schon deshalb nicht essbar, würden aber auch, wenn sie süss würden, nicht gegessen werden, da sie oft 200—300 Exemplare der Blastophaga einschliessen. Denn in ihnen macht das Inquilin seine erste Generation durch. Die Fichi stellen die weibliche Generation dar, den samentragenden Blütenstandstypus, der auch dadurch ausgezeichnet ist, dass das Gewebe des Receptaculums sukkulent und süss wird. Sie sind daher essbar und werden in der Tat überall dort, wo die wilde Feige, die die italienischen Bauern gut von der Kulturfeige unterscheiden, vorkommt, gegessen.

Die Mamme, die stets klein bleiben, dienen nur der Erhaltung des Insektes, das in ihnen seine zweite Generation durchmacht, über den Winter hin. Sie schrumpfen im Frühling sogleich nach dem Ausfliegen des Insektes zusammen und fallen vom Baume.

Die Entwicklung der Blüten und die des Insektes sind bei der wilden Feige in vortrefflicher Weise einander angepasst. Es liegt hier eine wundervoll organisierte Symbiose vor, wie sie vollendeter nicht gedacht werden kann, denn die Entwicklung des Tiers ist ohne die Pflanze ebenso unmöglich wie die Samenbildung der letzteren ohne das Tier. Im typischen Falle fallen die Fruchtstände unreif vom Baume, wenn das Tier von ihnen fern gehalten wird. Diese Symbiose ist von Herrn Ravasini und mir an ein und demselben Baume in allen Einzelheiten während eines Jahres verfolgt und an zahlreichen andern Bäumen, besonders bei Florenz und bei Rom, nachgeprüft worden. Nachdem die Weibchen der Blastophaga in den Mamme durch die den Krug niemals verlassenden und nach der Befruchtung zu Grunde gehenden, ungeflügelten Männchen begattet sind, verlassen sie im Frühjahr das Receptaculum durch das Ostiolum und fliegen zu den noch kleinen Profichi. Hier schlüpfen sie durch das Ostiolum in den Krug und finden dort die sog. Gallenblüten gerade in dem Entwicklungsstadium vor, das sie brauchen. Diese, von Pontedera 1720 entdeckten, Gallenblüten sind eigentlich gar keine Blüten. Sie haben bekanntlich nur die Form kurzgriffliger, weiblicher Blüten; aber an Stelle des mit leitendem Gewebe gefüllten Griffelkanals der normalen weiblichen Blüten liegt hier ein offener Kanal und an Stelle des Ovulums ein anders differenzierter Gewebshöcker, an dem nur eine Pseudo-Mikropyle als krugförmige Vertiefung sichtbar ist. Das Insekt belegt nun — es zeigt eine enorme Fruchtbarkeit — indem es mit dem Legestachel durch den oben erwähnten „Griffel“-Kanal mühelos in den Pseudo-Fruchtknoten

eindringt, zahlreiche Gallen-Blüten mit je einem Ei und macht sie so zu Gallen. Die Eier entwickeln sich in der Galle, die einen zu Männchen, die anderen zu Weibchen. Wie schon P. Mayer, dem wir eine vorzügliche Untersuchung der Entwicklungsgeschichte der Blastophaga verdanken, die wir vollständig (bis auf den Punkt, dass er drei, wir — bei der wilden Feige — zwei Generationen, wie bei anderen Hymenopteren, beobachteten) bestätigt fanden, feststellte, treten aus der Galle zuerst die flügellosen Männchen, indem sie mit ihren Mandibeln die Schale der Galle, die ziemlich hart geworden ist, durchnagen. Die so in Freiheit gesetzten Männchen kriechen zu den Weibchen enthaltenden Gallen, durchnagen auch hier die Schale, schieben durch das Loch ihren Hinterleib ein und vollziehen die Befruchtung. Dann gehen sie, ohne den Krug zu verlassen, ohne je etwas von dieser schönen Welt zu sehen (sie haben denn auch verbildete Augen!) zu Grunde: der höchste Grad männlicher Sklaverei. Die Weibchen aber erweitern sich das Bohrloch, schlüpfen aus der Galle aus und suchen die Krugöffnung zu erreichen. Hier nun sind mittlerweile die dort inserierten männlichen Blüten, die in der Regel 5 Stamina und 5 Perigonblätter besitzen, pollenreif geworden. Die Blastophagaweibchen beladen sich daher, während sie das Ostiolum zu erreichen suchen, mit Pollen derart, dass ein Insekt, an der Krugöffnung abgefasst, über und über mit Pollen bestäubt erscheint. Sobald das Weibchen das Ostiolum der Profichi verlassen hat, was etwa im Juli stattfindet, fliegt es zu den Fichi, der zweiten Generation des wilden Feigenbaums, die jetzt noch in einem frühen Entwicklungsstadium sich befindet: das Ostiolum ist noch ziemlich weit geöffnet, die Tiere können daher bequem, auch ohne ihre Flügel zu verlieren, in den Krug hineinspazieren. Hier finden sie nun die mittlerweile herangewachsenen langgriffligen, mit einem Fruchtknoten und in der Regel 5 Perigonblättern versehenen weiblichen Blüten im befruchtungsfähigen Zustande vor und laden, indem sie im Kruge herumkriechen, den mitgebrachten Pollen ab. Wahrscheinlich dient ein in seinem Geruche an Kokosfett erinnernder Körper (Caprylsäure?, Methylnonylketon?, Methylheptylketon?), den ich in allen unreifen Feigenfruchtständen fand, als Geruchsreiz und lockt die Blastophaga an. Ein einziges Tier kann alle Blüten eines Kruges befruchten. Die Befruchtung geht ganz normal vor sich. Wir sahen, wie Solms und Longo es bei der Kulturfeige beobachteten, auch hier den Pollenschlauch durch das leitende Gewebe des Griffels zu dem normal ausgebildeten Ovulum, das zwei Integumente besitzt, vor- und durch die (von Longo geleugnete, aber immer vorhandene) Mikropyle eindringen und sahen den Samen sich normal entwickeln.

Während des Hochsommers wandern die trächtigen Blastophagen nun an den Fichi ein und aus, schwirren herum (beim Schütteln eines Baumes fliegen im Juli und August oft ganze Schwärme empor) und erreichen allmählich die Zeit der Eiablage. Mittlerweile ist das Ostiolum der Fichi immer enger geworden und hat sich schliesslich ganz geschlossen. Aber die Tiere finden nun einen anderen Schlupfwinkel, denn inzwischen sind die Mamme herangewachsen und zur Aufnahme der heimatlos gewordenen Weibchen bereit. Das Tier findet in ihnen wiederum Gallen-Blüten vor und wiederum gerade in dem Entwicklungsstadium, wie es sie braucht. Und so belegt es denn — es ist inzwischen September geworden — abermals, seine zweite Generation einleitend, die Gallenblüten mit je einem Ei. Diese Eier überwintern hier. Es ist sehr bemerkenswert, dass die Mamme erst relativ spät angelegt werden. Würden sie zeitiger angelegt, so würde die Blastophaga nur sie aufsuchen und

nicht die Fichi. Das Tier hält offenbar das Fichi für Mamme und sichert dadurch die Befruchtung der Blüten, an der es selbst ja kein Interesse besitzt. Indem es im Kruge nach Gallenblüten sucht, bestreicht es die meisten Narben mit Pollen. Im Frühling wiederholt sich in dem Kruge der gleiche, oben bei den Profichi beschriebene, Entwicklungsgang: Die Entwicklung der Larven, die Begattung der Weibchen durch die aus benachbarten Gallen auskriechenden Männchen, die auch hier den Krug nicht verlassen, und endlich schlüpfen die Weibchen aus, um zu den Profichi zu gelangen und hier wieder Eier abzulegen. Pollen können jedoch die Tiere aus der Mamme nicht mitnehmen, da diese keine männlichen Blüten enthalten. Es hätte ja auch keinen Zweck, welchen mitzunehmen, da die Tiere in den Profichi keine weiblichen Blüten antreffen. Wir haben also bei der wilden Feige typische Zoidiophilie und Monoecische Diclinie und können, da der Pollen der männlichen Blüten der Profichi gleichzeitig geschlechtsreif ist wie die Ovula der Fichi, die Gallenblüten aber gar keine Blüten, sondern ausschliesslich dem Insekte angepasste Gebilde sind — schon Solms hat sich vergeblich bemüht, sie mit Pollen zu befruchten — nicht (wie Gasparrini und alle seine Nachfolger) von proterogynischer Dichogamie sprechen.

Der wilde Feigenbaum stellt einen so wunderbar in sich geschlossenen, alle Generationen lückenlos auf sich vereinigenden, Organismus dar, dass wir nicht anstehen, ihn als die ursprüngliche und wahre Art, d. h. die Urfeige, zu betrachten, die sich in Mittel- und Oberitalien noch in einigen Inseln erhalten, in Unteritalien aber, wie es scheint, da und dort aus den Samen der Kulturfeige unter Aufnahme des Inquilins von Caprificus wieder zurückgebildet hat, also eine geradezu bewunderungswürdige Konstanz zeigt.

Warum hat nun der Mensch dieses Meisterstück der Natur in zwei nur durch Stecklinge, nicht durch Samen fortzupflanzende Formen, eine männliche und eine weibliche zerlegt, die beide für sich, rein vom Standpunkte des Naturforschers betrachtet, sehr viel unvollkommener sind oder warum hat er die durch mehr oder weniger zufällige Zerlegung erzeugten konserviert? Der Grund ist jedenfalls ein doppelter gewesen. Zunächst fällt beim Vergleiche der wilden mit der Kulturfeige auf, dass die erstere nur eine essbare Generation, die letztere aber drei solche tragen kann, also das ganze Jahr fast Feigen liefert oder doch liefern kann. Dadurch erwächst dem Baume die Möglichkeit, eine durch Witterungseinflüsse beeinträchtigte Ernte durch eine zweite zu ersetzen. Der zweite Grund ist offenbar darin zu suchen, dass die rein weibliche Feige zu einer vollkommeneren Reife kommt, d. h. grösser und süsser wird, eine sog. „karpologische" Reife (der Ausdruck maturità carpologica rührt von Gallesio her,) in gewissen Spielarten (z. B. bei Eisens *Ficus Carica hortensis*, dem Figuier commun) sogar ohne Befruchtung und ohne Samen zu bilden erreichen kann, jedenfalls bei erfolgender Befruchtung sehr viel haltbarere Feigen gibt. Denn die Fichi des wilden Feigenbaumes sind niemals haltbar und z. B. niemals zu Dörrfeigen zu benutzen. Vielleicht mag auch der Wunsch, sicher insektenfreie Feigen zu erzielen, zur Domestikation und Spaltung der Art beigetragen haben. Denn die Feigen, welche die bekanntlich schwarzen, unappetitlichen Insekten enthalten, sehen ekelhaft aus, wenn man sie aufbricht. Und niemals zeigt Ficus Carica β domestica derartige Fruchtstände. Wir haben zahllose reife Fruchtstände der Dörrfeige und von Tafelfeigen daraufhin geöffnet und niemals ein Insekt darin gefunden.

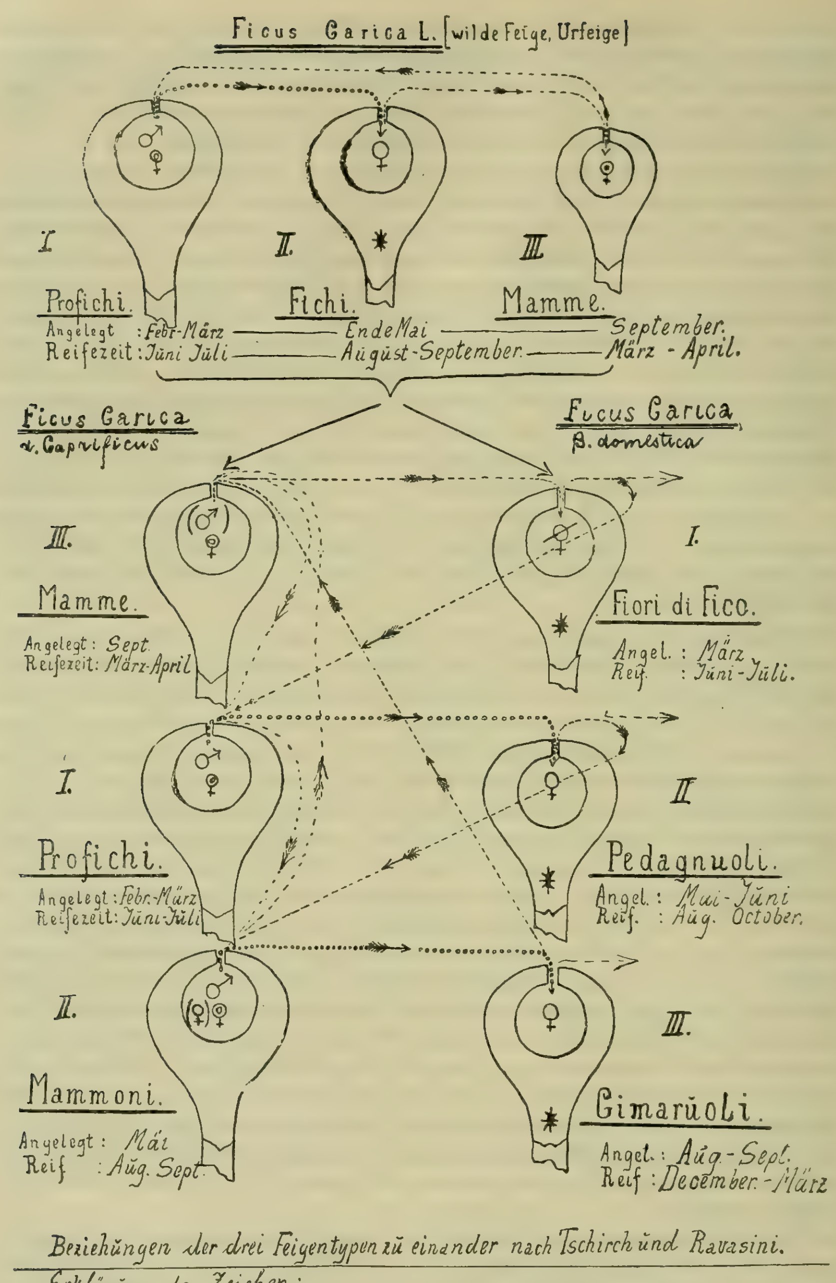
Die ohne Kaprifikation zu pomologischer oder karpologischer Reife kommenden Spielarten dürfen wir als den höchsten Triumph der Feigenkultur betrachten, da bei ihnen die weibliche Kulturfeige ganz unabhängig vom Caprificus geworden ist. Der Triumph wäre ein vollkommener, wenn diese Feigen haltbar d. h. zu Dörrfeigen geeignet gemacht werden könnten.

Die Zerlegung der Urfeige in die männliche und die weibliche Geschlechtsform muss in sehr früher Zeit schon erfolgt sein, denn wir treffen die Feige schon im alten Ägypten im III. Jahrtausend v. Chr. domestiziert, wie Darstellungen auf Denkmälern und Grabfunde beweisen, und es gelang mir auch auf einer assyrischen Tafel im British-Museum aus der Zeit Sanheribs neben anderen Kulturpflanzen sicher die Feige zu identifizieren — obwohl Herodot angibt, dass die Feige in Babylonien fehlt. Sie wird übrigens auch in einem babylonischen Hymnus der Bibliothek von Nippur (ca. 2000 v. Chr.) erwähnt. Auch Solms nimmt ja an, dass ein Urvolk die Feige domestiziert habe. Dass sie schon in jenen fernen Zeiten gespalten war, möchte ich aus dem ursemitischen Worte der Feige, tʿin, schliessen, das nach Lagarde einen Baum bezeichnet, „der nur durch Zugesellung Früchte trägt", was ja auf die Urfeige nicht zutrifft.

Jedenfalls ist die Zerlegung der Urfeige — wer sie nun auch ausgeführt haben mag oder wie sie zustande kam — vortrefflich gelungen. Die männliche Kulturfeige, der Caprificus, ist fast rein männlich, die weibliche Kulturfeige rein weiblich.

Ficus Carica α Caprificus Tsch. et Ravas. (enthalten in *Ficus Carica Caprificus sive faecunda* Gallesio, *F. C. forma silvestris* Celli, *F. C. β Caprificus* Gouan, und Eisens *Ficus Carica silvestris*) hat im typischen Falle, wie die wilde Feige, drei Generationen von Blütenständen, wie dies schon Tournefort (1700) fand. Die Profichi (orni, fiorini, dokkar), die im Februar oder März angelegt werden und im Juni oder Juli reif sind, enthalten $^2/_3$ Gallenblüten und (im oberen Teile des Kruges) $^1/_3$ männliche Blüten. Die zweite Generation, die Mammoni (fornites, djeha), die im Mai angelegt werden und im August oder September reif sind, enthalten fast nur Gallenblüten, männliche Blüten finden sich weniger zahlreich als bei den Profichi oben am Ostiolum — bisweilen nur eine schmale Zone um die Mündung des Ostiolumkanals bildend —, die dritte Generation endlich, die Mamme (Ave, cratitires, oucha), die im September angelegt werden, dann überwintern und im März oder April reif sind, enthalten fast nur Gallenblüten, männliche Blüten nur ganz vereinzelt und kümmerlich, dicht unter den die Mündung des Ostiolums verschliessenden Schuppenblättern. Langgrifflige weibliche Blüten fehlen in dieser Generation gewöhnlich ganz. Nur hie und da konnte Herr Ravasini in den Mammoni unter den Gallenblüten einige entdecken, auf 100 Gallen etwa 4—5. Die dritte Generation fehlt bisweilen. Keine Generation ist essbar, das Receptaculum wird beim Caprificus niemals süss, keine oder nur eine erzeugt sehr wenige Samen.

Sehr bemerkenswert ist es, dass bei dem Caprificus gewöhnlich nur die Profichi vollständig zur Entwicklung gelangen, während die anderen Generationen immer nur in kleiner Menge angelegt werden und vielfach vor der Reife vom Baume abfallen. Die Proficogeneration steht aber zur Pedagnuoligeneration der weiblichen Feige in Geschlechtsbeziehungen (s. d. Tabelle) und auch diese ist ja die bevorzugte Generation der weiblichen Feige (s. weiter unten). Immer fallen alle die Blütenstände vor der Reife vom Baume, die nicht von der Blastophaga besucht wurden: der Caprificus steht vollständig im Dienste des



Beziehungen der drei Feigentypen zu einander nach Tschirch und Ravasini.

Erklärung der Zeichen:

------- Wege der Insekten.	♂ = männliche	⚥ = sterile weibliche
.... Pollenübertragung	♀ = weibliche } Blüten	(♀) = vereinzelte weibliche } Blüten.
✱ essbare Fruchtstände	♀ = Gallen.	(♂) = vereinzelte männliche

Tieres, das in ihm seinen Entwicklungszyklus in ähnlicher Weise wie bei der wilden Feige (s. oben) — hier vielleicht bisweilen in drei Generationen (?) (P. Mayer) — vollendet und bei der Kaprifikation oder, wenn eine Domestica in der Nähe ist, zur Pollenübertragung den Krug verlässt, um auf der weiblichen Kulturfeige die Befruchtung der Blüten zu vollziehen.

Fasst man den ganzen Entwicklungsgang des Caprificus ins Auge und vergleicht ihn mit dem der wilden Feige, so lässt sich leicht feststellen, dass er durch Abspaltung der männlichen Charaktere des wilden Feigenbaumes entstanden ist, das weibliche Element ist bis auf geringe Reste oder ganz ausgeschaltet. Er bildet daher so gut wie niemals reife Samen, kann daher nur durch Stecklinge oder Pfropfung vermehrt werden —: er verhält sich ganz wie eine Kulturpflanze, wie dies auch Leclerc und Trabut betonten. Es ist fast ein Wunder zu nennen, dass er sich über die Jahrtausende hin erhalten hat. Er ist eben, da man ihn für die Kaprifikation brauchte, offenbar immer wieder durch Stecklinge vermehrt worden. Aber mit den männlichen Charakteren ist auch die Anpassung an das Insekt und seinen Entwicklungsgang auf den Caprificus übergegangen. Nur bei ihm, nicht bei der weiblichen Kulturfeige, finden wir die sog. Gallenblüten.

In Ober- und Mittelitalien ist die Kaprifikation (deren auch die römischen Scriptores rei rusticae und Crescenzi nicht gedenken) und auch der Caprificus den Bauern und Kultivateuren ganz unbekannt. Auch Herr Ravasini hat ihn dort nirgends gefunden. In der Nähe von Neapel aber und in den Gegenden, wo die Caprification geübt wird, fand Ravasini ihn sowohl verwildert wie in Kultur, meist durch Stecklinge vermehrt mitten in den Feigengärten oder auf andere Feigenbäume gepfropft, wie dies schon Senisi an Celi berichtet. Es heisst in Süditalien meist Caprifico, wird aber auch Profico genannt, wegen der grossen Ähnlichkeit aller seiner drei Blütenstandsgenerationen mit der männlichen Generation des wilden Feigenbaums, die ja den Namen Profico trägt. Das Volk bringt ihn also ganz richtig mit der männlichen Generation der wilden Feige in Beziehung, von der ja auch wir ihn ableiten.

Bekanntlich hat ja bereits Linné und Hegardt (1749) und dann Cavolini (1782) und Fritz Müller (1882) den Caprificus für den männlichen und die weibliche Kulturfeige für die weibliche Pflanze erklärt und die Bedeutung des Tieres, des ψῆν des Aristoteles und Theophrast, für die Befruchtung erkannt, die schon die Alten ahnten. Aber noch bis in die neuere Zeit ist immer wieder bezweifelt worden, ob dies richtig sei, da man bald da bald dort Anomalien bei besonderen Kulturrassen fand, (vergl. die Arten und Formen von Trabut, Eisen und Leclerc), die man entweder für das Normale nahm, oder sich nicht erklären konnte und die Bildung reifer, süsser Feigen ohne Befruchtung und ohne Samenbildung immer von neuem das Bild trübte.

Die Durchmusterung eines so riesigen Materials, wie es Herr Ravasini zusammenbrachte, erlaubt aber nunmehr auch das reine Bild der Kulturfeige zu zeichnen. Diese Durchmusterung, die uns von Zufälligkeiten unabhängig machte und das Typische klar hervortreten liess, ergab für die weibliche Kulturfeige Folgendes.

Die weibliche Kulturfeige, *Ficus Carica β Domestica* Tsch. et Ravas. (*Ficus Carica sativa sive mula* Gallesio, *F. C. forma sativa* Celli, *F. C. intermedia* Eisen, F. C. var. α sativa Fiori e Paol.,) bildet zwei oder drei Blütenstandsgenerationen, was ja schon Plinius bekannt war. Alle sind ausschliesslich weiblich bezw. steril, alle essbar. Männliche und Gallenblüten fehlen vollständig.

Die erste Blütenstandsgeneration (die Sommerfeigen) kommt nicht immer zu voller Entwicklung, bei den meisten der zahllosen Spielarten fallen die im Frühling (ungefähr anfangs März, daher schon von den Alten *πρόδρομοι* genannt) angelegten Blütenstände vor der Reife ab. Wenn sie reifen, geschieht dies im Juni oder Juli, und sie heissen dann am häufigsten Fiori di fico oder Fiorini, in Toscana: Fichi primaticci, in Latium und Marche: Fichi fallacciani, bei Neapel: Fichi fiori, in Calabrien und Sizilien: Fichi di prima mano oder Fichi ficazzani, bei Gallesio Grossi. Die Blütenstände dieser Generation enthalten, wie dies bereits Gasparrini und Solms feststellten, an Stelle der normalen weiblichen Blüten langgrifflige Blüten, die man ihrem Bau nach als degenerierte und sterile weibliche Blüten betrachten kann. Auch Herr Ravasini fand (wie Cavolini) niemals in den Fichi fiori reife Samen. Die Blüten sind aber auch der Blastophaga nicht angepasst, da sie langgrifflig sind und ihr Griffel keinen offenen Kanal bildet. Wenn sich eine Blastophaga in die Krüge verirrt, versucht sie, wie dies auch Solms beschreibt, vergeblich, ein Ei abzulegen.

Die Ende Mai oder im Juni angelegten Blütenstände der zweiten Generation (die Herbstfeigen) sind die einzigen, die fast bei allen Spielarten völlig zur Reife gelangen und zwar im August bis Oktober. Sie werden von den Kultivateuren meist Pedagnuoli, d. h. vom Stamme genommen (sie entwickeln sich in den unteren Blattachseln am Stamme) genannt, heissen aber in anderen Gegenden auch Fichi di seconda mano, Fichi settembrini, Fichi autunnali. Diese Generation enthält ausschliesslich normale, langgrifflige, weibliche Blüten mit gut ausgebildetem Ovulum, wie oben bei der wilden Feige beschrieben. An ihnen wird bei der Kaprifikation oder wenn ein Caprificus in der Nähe ist, durch die Weibchen der Blastophaga, die aus der zur gleichen Zeit reifen Blütenstandsgeneration des Caprificus (dem Proficho) mit Pollen beladen ausschwärmen und in die Krüge der Pedagnuoli eindringen, die normale Befruchtung vollzogen (vergl. die Tabelle). Die Pedagnuoli enthalten daher meist reife Samen — aber nach unseren Beobachtungen niemals Blastophagen, die zwar beim Eindringen in die Feige meist ihre Flügel einbüssen, aber wohl immer den Ausgang wieder finden.

Die dritte, von der zweiten kaum zu trennende Generation (die Winterfeigen), heisst Cimaruoli, d. h. von der Spitze genommen (sie entwickeln sich weiter oben am Baume als die Pedagnuoli) oder Fico natalino, Fico tre volte l'anno. Auch sie enthält im Innern weibliche, Samen bildende Blüten. Die Cimaruoli entwickeln sich im August und September oder noch später und werden oft durch frühzeitig eintretendes Herbstwetter verhindert zu reifen. Sie fallen dann unreif vom Baume. Nur bei einigen Spielarten kommen diese Fichi invernali um Weihnachten zur Vollreife, aber bei Albenga an der Riviera gibt es einen Feigenbaum, der fast ausschliesslich Winterfeigen trägt.

Jedenfalls gilt als Regel, dass bei Ficus Carica β Domestica gewöhnlich nur eine Generation völlig zur Reife kommt. Meist sind dies die Pedagnuoli. Einige Spielarten bringen aber auch die Fichi fiori zur Reife und liefern von den Pedagnuoli nur spärliche Ernten. Drei gleiche Ernten erzielt man niemals. Wenn eine Vollernte erzielt wird, werden die anderen beeinträchtigt. Aber saftig und süss können alle drei Generationen werden — die Fiori auch trotzdem eine Befruchtung nicht erfolgt.

Vergleichen wir nun Ficus Carica β Domestica mit der wilden Feige, so ergibt sich ohne weiteres, dass er aus der weiblichen Generation der wilden Feige der Fichi hervorgegangen sein wird. Nur die Merkmale dieser Generation

sind auf ihn übergegangen, weder die Fähigkeit, männliche Blüten zu bilden, noch die dem Insekte als Aufenthaltsort zu dienen und seinen Entwicklungsgang zu sichern. Dass ihm aber diese Trennung von aussen her aufgezwungen wurde, geht daraus hervor, dass er, sobald man seine Samen aussät (oder die Samen in den Feigengärten spontan auskeimen) und der daraus erwachsene Baum das Inquilin von benachbarten Caprificus- oder Urfeige-Exemplaren erhält, soweit unsere Beobachtungen reichen (wir haben die uns von den Bauern bezeichneten „Samenfeigen" angesehen), wieder in die wilde Urfeige zurückschlägt und dies auch heutzutage noch, trotzdem doch die Trennung jedenfalls schon vor tausenden von Jahren erfolgte. So wenigstens in Italien, ob alle Feigenrassen beim Aussäen in die Urfeige zurückschlagen, bleibt zu untersuchen. Wir werden in diesem Herbst alle uns erreichbaren Feigensamen (auch die bisweilen vom Caprificus erzeugten) aussäen und in 6—10 Jahren über den Erfolg berichten.

So gross die Vorteile auch sein mögen, die aus der Trennung namentlich für die Möglichkeit der Erzeugung essbarer, insektenfreier Feigen durch das ganze Jahr erwachsen, so bringen sie doch auch gewisse Nachteile mit sich. Denn, wenn es auch gelang, Spielarten zu erziehen, die ohne Befruchtung, also ohne Beihilfe der Blastophaga süsse, essbare Fruchtstände hervorbrachten, so ist doch — darin stimmen alle neueren Beobachter (von Stella bis Trabut) überein — zur Erzielung haltbarer Feigen, die getrocknet werden können, eine Befruchtung unbedingt erforderlich und die Kaprifikation ist also für diese Sorten Feigen unerlässlich. Einige z. B. Eisens *Ficus Carica smyrneana* liefern überhaupt nur reife Fruchtstände, wenn sie kaprifiziert werden. Und zwar ist sogar meist das Einhängen der männlichen Fruchtstände des Caprificus (Profichi) in die Kronen der Ficus Carica β Domestica notwendig, da die Blastophaga im Fliegen sehr träge ist und niemals weit zu fliegen vermag, auch natürlich nur dann ihr Pollen übertragendes Geschäft wirksam verrichten kann, wenn sie Blütenstände trifft, die geschlechtsreif sind. Das zeigen auch sehr instruktiv die interessanten Versuche von Howard und Roeding in den Kulturen der ganz auf Kaprifikation eingerichteten Smyrnafeige in Kalifornien. Es darf durch diese und andere von Trabut und Ravasini ausgeführten Versuche jetzt als erwiesen betrachtet werden, dass bei gewissen Feigensorten die Fruchtstände unreif abfallen, wenn sie nicht kaprifiziert wurden. Wir aber können hinzufügen, dass auch die wilde Feige zur Kaprifikation benutzt werden kann und z. B. in Algier benutzt wird, nicht nur der Caprificus. Bei der Kaprifikation geht das Insekt gewöhnlich zu Grunde. Nur wenn ganz in der Nähe ein Caprificus steht, legt es dort seine Eier ab (s. d. Tabelle).

Auch die bis heute bewahrte Trägheit der Blastophaga deutet darauf, dass die Urfeige beide Blütenformen auf einem Baume vereinigt getragen haben muss, und da wir beim wilden Feigenbaum noch heute das Verhältnis wirklich finden, so ist dies ein Grund mehr, ihn als die Urform anzusehen.

So kommen wir denn zu dem Schlusse, dass sich zwar noch einige wilde Feigen seit Urzeiten in Italien (Fattucchia und Spedaletto bei Florenz, an den alten Mauern Roms und beim Tempel der Minerva medica, bei Pisa, bei Spezia und Rapallo) erhalten haben, die weibliche Kulturfeige aber in zwei Rassentypen vom Osten her eingeführt wurde, von denen der eine Rassentyp, der gleichzeitig mit dem Caprificus nach dem Süden Italiens eingeführt wurde, die Kaprifikation verlangende Edelfeige darstellt, der andere aber, der nach Mittel- und Norditalien gelangte, die Feigenrassen umfasst, die, auch ohne

Kaprifikation, die zu sog. pomologischer oder carpologischer Reife (zwei sehr wenig bezeichnende Ausdrücke!) kommende, samenlose, süsse, aber nicht haltbare Tafelfeigen erzeugen. Diese Verhältnisse waren bereits Theophrast bekannt, der gelegentlich der Besprechung der Kaprifikation (ἐρινίασμα), die ja auch Herodot erwähnt, bemerkt, dass nicht alle Feigenarten der Kaprifikation im gleichen Masse bedürftig sind.

Noch ein Wort über die Grössenverhältnisse der Fruchtstände. Im allgemeinen ist die erste Fruchtstandsgeneration die grösste, die zweite mittelgross und die dritte klein, doch hat sich bei der Domestica die Hauptgeneration, die Pedagnuoli, in der Kultur besonders stark entwickelt, so dass sie hier in der Regel die grösste geworden ist.

Ich habe im Vorstehenden nur die bei Durchmusterung des Materials des Herrn Ravasini sich ergebenden Typen von Ficus Carica β Domestica und α Caprificus besprochen, will jedoch nicht unterlassen, zu bemerken, dass es auch eine grosse Anzahl von Abweichungen gibt. Diese haben auch uns, wie anderen Forschern, viel Kopfzerbrechen gemacht und auch uns das reine Bild anfangs getrübt, schliesslich aber gerade dazu beigetragen, unsere Theorie der Abstammung der Kulturfeigen zu stützen.

Am häufigsten kommen folgende Übergangsformen, die ich als Rückschläge zur Urfeige auffasse, vor:

1. Blütenstände der ersten Generation mit dem typischen Charakter der Profichi, Blütenstände der zweiten Generation mit männlichen, vielen weiblichen und wenigen Gallen-Blüten. (Übergangsform zwischen Ficus Carica (L.), Erinosyce und Ficus Carica α Caprificus.) Ich nenne diese Feige Ravasini-Feige.

2. Blütenstände der ersten Generation an Stelle der Gallen-Blüten weibliche Blüten mit verbildeten Samenanlagen (wie bei den Fichi fiori), die männlichen Blüten in gleicher Anzahl und gut ausgebildet wie bei den Profichi, Blütenstände der zweiten Generation ausschliesslich weiblich (Übergangsform zwischen Ficus Carica (L) Erinosyce und Ficus Carica β Domestica). Diese Übergangsform (Trabuts Figue de Croisic et de Cordelia), die ich nach ihrem Entdecker La Hire, der bei ihr die männlichen Blüten der Feige überhaupt zuerst abbildete (1714), La Hire-Feige nenne, ist ziemlich häufig. Sie kommt nach Beobachtungen von Ravasini namentlich bei den Spielarten: Fico S. Giovanni, Fico brugiotto bianco, Fico coperche und Fico dottato vor.

Andere Abweichungen sind bei Eisen, Trabut und Leclerc und in der Dissertation des Herrn Ravasini zu finden. Auch die ägyptischen Feigen scheinen hierher zu gehören.

Erst die Durchmusterung eines sehr grossen Materials liess diese Abweichungen als Besonderheiten — als Formen, in denen die Kulturfeigen zur Urfeige zurückstreben — ausscheiden und machte uns von allen Zufälligkeiten unabhängig. Wir haben unser Ziel also nur dadurch erreicht, dass wir alle erreichbaren Feigenformen in ganz Italien zur Untersuchung heranzogen und Herr Ravasini, unermüdlich im Aufsuchen immer neuer Feigengärten, mir schliesslich einen Überblick über das ganze Gebiet verschaffte und mir die Lösung des Rätsels ermöglichte.

Diese Abnormitäten und Rückschläge dürfen aber nicht mit den eigentlichen reinen Kultur-Formen der Domestica verwechselt werden. Diese lassen sich alle von der Eigenschaft der Feige, ihre drei Fruchtstandsgenerationen nicht immer auszubilden, ableiten. An die typische Trifera schliesst sich also zunächst eine Bifera. Diese kann entweder nur Pedagnuoli (II) und Cimaruoli (III)

ausbilden, oder Fiori di fico (I) und Pedagnuoli (II). Im ersten Falle erhalten wir Feigensorten, die nur fertile weibliche Blüten enthalten, die also kaprifiziert werden müssen (Smyrnafeige, Trabuts figuiers femelles), im anderen wo die erste Generation sterile weibliche Blüten enthält, die zweite fertile, solche, deren erste Generation ohne Kaprifikation süsse Fruchtstände bildet, deren zweite kaprifiziert werden muss. (Trabuts Figuier Bakor, figues San Pedro.) Diese letztere Form ist nur eine geringe Variante des Typus, da auch bei ihm Pedagnuoli und Cimaruoli in einander übergehen. Aber es kommt auch der dritte Fall vor, wo nur Fiori di fico (I) in zwei Generationen gebildet werden (Trabuts figuiers bifères, Eisens *F. Carica hortensis*), diese liefern dann Fruchtstände ohne Kaprifikation. Es sind die „pomologisch oder karpologisch" reifenden Norditaliens, die nur Tafelfeigen geben (s. oben). Da die Generationen bei der Kultur-Feige überhaupt nicht sehr scharf geschieden sind, und eine Generation überall die führende ist (s. oben), so ist es nicht sehr verwunderlich, dass endlich auch Uniferaformen bekannt sind und zwar sowohl solche, die nur eine sterile, wie solche, die nur eine fertile Fruchtstandsgeneration bilden, von denen also die ersteren ohne Kaprifikation süsse Fruchtstände liefern, die zweiten nur, wenn sie kaprifiziert werden. Trabuts, Leclercs und Eisens Typen lassen sich also aufs zwangloseste von unserem Typus der Domestica ableiten.

Die bisherige Konfusion in der Feigenfrage hat ihren Grund — abgesehen von der eben besprochenen Variabilität der drei Generationen — besonders darin, dass man den reinen Typus der drei Feigen nicht kannte und nicht immer denselben Feigenbaum ein ganzes Jahr hindurch beobachtete, vielmehr häufig nur eine Generation — eben die dominierende — herausgriff und nicht sorgfältig genug nach den anderen, die oft nur in verschwindend geringer Menge gebildet werden und die oft auch oft früh abfallen, suchte.

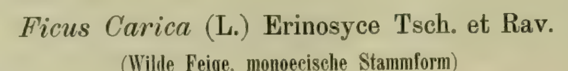
Aber die Konfusion hat noch andere Gründe. Es scheint nämlich sowohl Domestica wie Caprificus zu verwildern. Wir haben diese verwilderten Formen noch nicht genügend studiert, um ein sicheres Urteil zu haben, aber es scheint, dass die Feige beim Verwildern eine oder zwei ihrer Fruchtstand-Generationen verliert. Jedenfalls dürfen diese verwilderten Formen nicht mit der wilden Feige, die ich eben deshalb, um einen deutlich unterschiedenen Namen zu haben, als „Urfeige" bezeichnet habe, verwechselt werden.

Und schliesslich werden auch viele Feigen gepfropft, die Domestica z. B. auf wilde und verwilderte Feigenstämme, der Caprificus auf diese und wohl auch auf Domestica. Diese, nicht immer deutlich als solche erkennbare, gepfropfte Individuen geben natürlich meist ein getrübtes Bild und mancher Feigenforscher ist schon durch sie genarrt worden.

Wir werden jetzt, einer Anregung von Prof. Schröter folgend, versuchen, die Spaltung der Urfeige in Caprificus und Domestica künstlich durchzuführen. Da die männliche und die weibliche Generation auf verschiedenen Sprossgenerationen vorkommen, erscheint dies möglich. Sie wird ja auch, wenn meine Abstammungstheorie richtig ist, vor Jahrtausenden schon einmal durch das Urvolk, welches die Feige domestizierte, durchgeführt worden sein. Diese Trennung muss schon zur Zeit der Ursemiten durchgeführt gewesen sein (vergl. t'in). Sie ist vielleicht einmal ganz zufällig dadurch zustandegekommen, dass man die Sprosse mit Profichi und die mit Fichi gesondert als Stecklinge pflanzte — wie auch wir es jetzt machen werden. Vielleicht lässt sich hier zum ersten Male eine Lokalisierung der Geschlechtsdifferenz nachweisen.

Ich behalte mir weitere Mitteilungen darüber, wie über die Ausbildung der Ovula bei den einzelnen Feigentypen vor.

Der folgende Stammbaum zeigt, wie ich mir die Ableitung denke.



(Wilde Feige, monoecische Stammform)

♂ *Ficus Carica* (L.) Caprificus Tsch. et Rav.
(— Trifera —)

- Bifera (Mammoni oder Mamme fehlen)
- Unifera (nur Profichi)
- Rückschläge zur Stammform — Ravasinifeige

♀ *Ficus Carica* (L.) Domestica Tsch. et Rav.
(— Trifera —)

- Bifera
  - Eine Generation ohne Kaprifikation reifend, eine zweite nur wenn kaprifiziert — Figuiers Bakor Trabut, San Pedro-Feige, F. C. intermedia Eisen
  - Beide Generationen ohne Kaprifikation reifend — Figuiers bifères Trabut, F. C. hortensis Eisen ex parte
  - Beide Generationen nur wenn kaprifiziert reifend — Smyrnafeige, Figuiers femelles Trabut, F. C. smyrneana Eisen
- Rückschläge zur Stammform — La Hire-Feige, Figue de Croisic et de Cordelia Trabut
- Unifera
  - Ohne Kaprifikation reifend — Figuiers communs Trabut, F. C. hortensis Eisen ex parte
  - Nur wenn kaprifiziert reifend — Sorte der Smyrnafeige

Diskussion.

Dr. A. Günthart: Der Herr Vortragende hat das uralte Feigenproblem von einer neuen Seite in Angriff genommen: er hat nicht, wie die früheren Bearbeiter dieses Problems, die Kulturfeige, sondern die wilde Feige zum Ausgang seiner Forschung gemacht. Er gelangt zu dem Schlusse, dass nicht nur die weibliche Kulturfeige, sondern auch der Caprificus durch Kultur entstanden ist und dass beide blosse Geschlechtsformen der wilden Feige, der „Urfeige" darstellen.

Diese Auffassung scheint mir in der Tat das alte Problem mit einem Schlage zu lösen. Ihre wesentlichste Stütze liegt wohl in dem Nachweis der wundervoll harmonisch durchgebildeten Symbiose zwischen der Urfeige und ihrem Bestäuber, die, wenn man sie mit den vielen längst bekannten Verschiebungen und Zwischenformen bei den Kulturfeigen vergleicht, ganz den

Eindruck erwecken, dass man es nur dort mit einer Naturform zu tun hat; ferner darin, dass die Monœcie der Urform in auffallender Weise mit der Schwerbeweglichkeit des Insektes korrespondiert. Sodann wäre namentlich die Samenbeständigkeit der Urfeige im Gegensatz zur Kulturfeige ein strikter Beweis für jene Auffassung.

Der letztere Beweispunkt konnte freilich aus naheliegenden Gründen noch nicht völlig sichergestellt werden. Die Angabe von Solms, dass aus den wenigen weiblichen Blüten der Mammoni des Caprificus nicht die wilde Feige, sondern wieder der Caprificus oder die Domestica hervorgehen, scheint mir noch gegen diesen dritten Beweispunkt zu sprechen.

Es ist recht schade, dass bisher so wenige Exemplare der „Urfeige" gefunden wurden. Hätte man mehr Material, so liesse sich zum Beispiel untersuchen, ob bei ihr Parthenogenesis ebenso fehlt, wie bei der domestizierten Feige. Auch die Frage, ob bei der Urfeige „carpologische" Fruchtreife vorkommt wie bei den norditalienischen Tafelfeigen, wäre von Interesse, da sich dann entscheiden liesse, ob die Spaltung in eine normal und eine carpologisch reifende Rasse vor oder nach der Domestikation stattgefunden hat.

Die Arbeiten des Herrn Vortragenden sind in einem gewissen Sinne ein Beitrag zu der allgemeinen Frage, ob die Diœcie wirklich aus Monœcie entstanden ist oder nicht. Auch von diesem Gesichtspunkte aus beanspruchen die in Aussicht gestellten Experimente betreffs willkürlicher Zerlegung der Urfeige in ihre beiden Geschlechtsformen grösstes Interesse.

Dr. A. Thellung hebt hervor, dass die den Systematiker hauptsächlich interessierende, bis in die neueste Zeit lebhaft diskutierte und von verschiedenen Forschern gegensätzlich beantwortete Frage, ob der wilde Feigenbaum (resp. der Caprificus) eine eigene, von der Kulturfeige verschiedene Rasse oder nur die männlichen Individuen derselben darstellt, eine glückliche Lösung gefunden hat durch die Entdeckung von Tschirch und Ravasini, dass Urfeige und Caprificus nicht identisch, sondern wohl unterscheidbar sind; so haben beide Parteien bis zu einem gewissen Grade Recht behalten. Vom systematisch-nomenklatorischen Standpunkt empfindet es der Sprechende hinsichtlich der von Tschirch und Ravasini gewählten Benennungen der Formen des Feigenbaumes als Übelstand, dass die Wildform denselben Namen (*Ficus Carica* Tsch. et Rav.[1]) führen soll wie die ganze Art (*F. Carica* L.); ebenso, dass die „Varietäten" der Kulturfeige der „forma" *domestica* Tsch. et Rav. untergeordnet werden müssen, was eine unzulässige Umkehrung der normalen hierarchischen Rangstufenfolge mit sich bringt. Thellung schlägt daher folgende Gliederung des Formenkreises der *Ficus Carica* vor:

F. Carica L. s. l.
- α ***silvestris*** (= *F. Carica* β *Caprificus* Gouan 1762 ex. p., non Tsch. et Rav.; *F. Caprificus* auct. ex p.), monöcische Wildform oder „Urfeige";
- β ***sativa*** Fiori et Paoletti (1898) sens. ampl., diöcische Kulturform.

Von der Kulturrasse *sativa* wären zunächst die zwei Geschlechtsformen zu unterscheiden: 1. ***Caprificus*** (Gouan 1762 ex p.) Tsch. et Rav. (♂) und 2. ***domestica*** Tsch. et Rav. (♀); ausserdem könnte die var. *sativa* in eine

---

[1]) Die in der vorstehenden Abhandlung gebrauchte Bezeichnung *F. Carica* (L.) *Erinosyce* Tsch. et Rav. für die Urfeige wurde von Tschirch erst nach dem Vortrag eingeführt.

Anzahl von Subvarietäten („Sorten“ der Züchter) eingeteilt werden, wobei die Unterscheidungsmerkmale allerdings nur das ♀ Geschlecht betreffen (ähnlich wie zum Beispiel *Salix nigricans* var. *leiocarpa* und var. *lasiocarpa* Abänderungen darstellen, die nur an den ♀ Exemplaren der Art zu konstatieren sind).

Prof. Schröter verspricht sich sehr viel von der sorgfältigen Untersuchung der verwilderten Feigen. Man muss sich bei diesen freilich zunächst mit aller Sorgfalt vergewissern, ob wirklich aus Samen aufgegangene Individuen und nicht etwa Wurzelschösslinge von Kulturexemplaren vorliegen. Im Kanton Tessin hat Dr. Bettelini weit von allen Kulturen entfernt aus Felsspalten hervorwachsende, also wohl sicher verwilderte Feigen konstatiert. Wenn Parthenogenesis wirklich ausgeschlossen ist, wie es nach den Ergebnissen des Vortragenden scheint, so müssen diese Sämlinge aus kaprifizierten Feigen stammen und nach Tschirch Urfeigen sein. Der Sprechende hat Schritte getan, diese verwilderten Tessiner-Feigen genau kontrollieren zu lassen.

Eine gewisse Schwierigkeit für die Auffassung von Caprificus und Domestica als reine Kulturprodukte scheint dem Sprechenden darin zu liegen, dass die Domestica in ihren „Fiori“ eine bei der Urfeige nicht vorkommende Blütenform, nämlich verkümmerte, sterile weibliche Blüten aufweist; dieses Vorkommen harmoniert wunderbar mit dem Fehlen oder dem vereinzelten Vorkommen männlicher Blüten in den Mamme des Caprificus, aus welcher also pollenlose Insekten in die „Fiori“ fliegen. Eine solche gegenseitige Anpassung erscheint bei Naturformen verständlich, nicht aber bei Kulturformen, die der natürlichen Zuchtwahl entzogen sind.

Prof. Tschirch bemerkt, dass der stringente Beweis, dass aus den Samen aller Domesticaformen immer die Urfeige hervorgehe, erst nach Abschluss der Kulturversuche (zu denen auch Samen der Urfeige und des Caprificus herangezogen werden sollen), d. h. nach 6—10 Jahren erbracht werden könne. Herr Ravasini habe sich in den Feigenkulturen Süditaliens von den Bauern stets die Bäume zeigen lassen, die nach Aussage der Kultivateure spontan aus Samen entstanden waren und habe auf ihnen stets die gerade fällige Generation der Urfeige angetroffen, also sowohl Profichi, wie Fichi und Mamme. Mehr liess sich in 1½ Jahren nicht erreichen. Sicher aus Samen des *Caprificus* entstandene Feigenbäume sind aber neuerdings überhaupt noch nicht zur Beobachtung gekommen. Gasparrinis Aussaatversuche, über die Solms berichtet, führten zu keinem klaren Resultat. Er erhielt aus Samen seiner *leucocarpa, pachycarpa* und *polymorpha* Pflanzen, die sowohl männliche wie weibliche Fruchtstände oder überhaupt keine bildeten. Er sagt nicht, ob er die Bäume ein ganzes Jahr lang beobachtete. Die Hauptschwierigkeit liegt in der von uns ganz allgemein konstatierten Eigenschaft der Feige, nicht immer alle drei Fruchtstandgenerationen auszubilden. Diese Eigenschaft könnte, wenn sie auch der Urfeige zukommt (was wir noch nicht wissen), dazu benutzt werden, *Caprificus* und *Domestica* aus der Urfeige durch Unterdrückung der betreffenden anderen Generationen theoretisch abzuleiten. Dann wäre die Annahme einer künstlichen Spaltung durch Stecklinge nicht einmal nötig und man könnte sich denken, dass *Caprificus* und *Domestica* sich ebenso von der Urfeige ableiten wie die Bifera- und Uniferaformen aus der Trifera (vergl. den Stammbaum). Gegen diese Auffassung sprechen aber die (wenigen) weiblichen Blüten in den Mammoni.

Den „verwilderten“ Feigen bringt der Vortragende grosses Misstrauen entgegen. Abgesehen davon, dass man selten wird feststellen können, wie sie

entstanden sind — ob aus Wurzelschösslingen der Urfeige, des *Caprificus* oder der *Domestica*, oder durch „Verwilderung" der sich selbst überlassenen Kulturformen oder aus Samen derselben —, scheint gerade bei ihnen die erwähnte Eigenschaft der Unterdrückung einzelner Generationen Platz zu greifen. Doch fehlt es an sicheren Beobachtungen, die über ein ganzes Jahr ausgedehnt wurden, was bei allen Feigenstudien unerlässlich ist. Die „verwilderten" Feigen ohne weiteres als Urfeigen anzusprechen geht jedenfalls nicht an. Wir haben in unsere Karten nur die Standorte eingetragen, wo Urfeigen vorkommen, die am gleichen Baume alle drei Generationen bildeten. Die Urfeige ist aber wahrscheinlich viel verbreiteter, als wie aus den hier vorgelegten Karten hervorgeht.

Die Anpassung des *Caprificus* an die *Domestica* hält der Vortragende für durchaus nicht so weitgehend und, wo vorhanden (*Profichi* ⟶ *Pedagnuoli*), für ein Erbteil der Stammform. Die Mamme des *Caprificus* enthalten nutzlose männliche Blüten, denn ihnen entsprechen bei der korrespondierenden Generation keine fertilen weiblichen. Auch scheint die Kaprifikation nur in einer bestimmten Zone erfolgreich, nämlich in einer, wo infolge der klimatischen etc. Verhältnisse *Profichi* und *Pedagnuoli* zusammenstimmende Entwicklungszeiten der Blüten zeigen. Es ist doch sehr auffällig, dass, wie die Karte zeigt, die so nützliche Kaprifikation, die zu haltbaren Feigen führt, nur in einer Zone geübt wird, die etwa auf der gleichen Juni-Juli-Isotherme liegt. Bei den Kulturformen ist vielmehr alles in Unordnung gekommen und „stimmende" Verhältnisse treten nur unter besonderen Bedingungen hervor. Nur die Urfeige zeigt volle Harmonie.

Der Vortragende glaubt, dass gerade durch die Wahl eines Landes wie Italien, in dem im Norden nicht kaprifiziert wird und der *Caprificus* ganz fehlt, im Süden aber *Caprificus* und Kaprifikation bekannt sind, die schwierige Frage geklärt werden kann.

Was die Nomenklatur betrifft, so hält der Vortragende die seinige für einfacher und klarer, da in ihr die Abstammungsverhältnisse deutlich zum Ausdruck kommen. Bei *Ficus Carica* (L) β *Domestica forma smyrneana* zum Beispiel steht die Stammform am Anfang, dann folgt die davon abgeleitete Geschlechtsform und den Beschluss macht die von dieser wieder abgeleitete Kulturform oder Sorte. Die alten, die „Priorität" verlangenden Namen sollten ganz gestrichen werden, denn sie sind auf unklaren Vorstellungen aufgebaut. Linnés *Ficus Carica* umfasst, wie die β *sativa* von Fiori e Paoletti, nur *Caprificus* und *Domestica*, nicht die Urfeige; Gouans *F. C.* β *Caprificus* umfasst die Urfeige und den *Caprificus* etc. und man muss daher bei der von Herrn Thellung vorgeschlagenen Nomenklatur mit dem „ex parte" sehr reichlich operieren, was ja stets sehr misslich ist. Denn das „ex parte" sagt doch, dass eine unklare Begrenzung vorliegt.

Doch möchte der Vortragende die Nomenklaturfrage bis zur Erledigung aller noch aufzuklärenden Punkte, deren es ja noch eine Menge gibt — besonders bis zum Abschluss der Spaltungs- und Aussaatversuche —, vertagen. Er verzichtet daher auch vorläufig darauf, die Kulturformen zu benennen. Der mitgeteilte Stammbaum soll nur der Ausdruck unserer derzeitigen Kenntnisse sein. Er gibt eine Vorstellung davon, wie sich der Vortragende die Abstammung denkt auf Grund der Beobachtung von etwa 20000 von Herrn Ravasini gesammelten Fruchtständen der in Italien vorkommenden Feigen.

Protokoll der Hauptversammlung,
Montag den 3. Juli 1911, abends 6 Uhr im Restaurant Belvoirpark.

Vorsitzender: Prof. Dr. C. Schröter.

Anwesend zirka 60 Mitglieder.

1. Das Protokoll der letzten Sitzung wird genehmigt. Der Vortrag von Herrn Prof. Bredig über „Kontaktchemische Erscheinungen in Wissenschaft und Technik“ wird in der Vierteljahrsschrift in extenso erscheinen.
2. Mitteilungen des Vorsitzenden über Änderungen im Mitgliederbestande.

Der Vorsitzende widmet dem verstorbenen Mitgliede Herrn Sigg-Sulzer warme Worte des Gedenkens. Die Versammlung erhebt sich zu Ehren des Verstorbenen.

Eine Reihe von Mitgliedern haben wir durch Weggang verloren:

Prof. Dr. Rudolf Martin hat sich aus Gesundheitsrücksichten genötigt gesehen, seine Stellung als Professor der Anthropologie niederzulegen; er sucht im Ausland Erholung. Mit tiefem Bedauern sehen wir den hervorragenden Gelehrten aus unserer Mitte scheiden; unsere besten Wünsche für baldige Wiederherstellung folgen ihm.

Prof. Dr. Du Pasquier hat einen Ruf als Professor der Mathematik in Neuenburg angenommen; er macht uns die Freude, auch in der Fremde als ordentliches Mitglied uns treu zu bleiben.

Prof. Dr. Bredig folgt einem Rufe nach Karlsruhe an die dortige technische Hochschule. Wir bedauern seinen Weggang im Interesse unserer technischen Hochschule und unserer Gesellschaft aufs tiefste; hatte er sich doch durch seinen Vortrag vom 13. Mai in glänzender Weise bei uns eingeführt. Mit dem Danke dafür verbinden wir den Wunsch, dass er auch in seiner neuen Stellung ein Freund unserer Gesellschaft bleiben möge.

Herr Dr. Adler ist nach Wien übergesiedelt, Herr Dr. Mollison nach Dresden und Herr Dr. Gogarten tritt demnächst eine Reise nach Java an, um dort als Geologe tätig zu sein. Auch diese Mitglieder sehen wir mit Bedauern scheiden und rufen ihnen ein Glückauf zu in ihren neuen Stellungen.

Von unsern Mitgliedern weilen auf Reisen und in Stellungen im Ausland: Dr. Theod. Herzog (Forschungsreise in Bolivia), Dr. Arnold Heim (als Geologe in Sumatra), Dr. Tolwinsky (ebenso), Dr. Erb (als Geologe in Trinidad), Dr. Friedr. Weber (als Geologe in Timor).

Mit Freuden haben wir von der Ehrung gehört, die unserem Mitgliede Prof. Dr. Willstätter durch Verleihung des Tiedemann-Preises zu Teil geworden ist. Unsere Gesellschaft fühlt sich dadurch mitgeehrt und ruft ihm ihre herzlichen Glückwünsche zu.

Sie wissen Alle, welch folgenschweren Entschluss unser siebtältestes Mitglied, Herr Prof. Heim gefasst hat. Wir alle fühlen mit ihm; es muss ihm schwer geworden sein, seine akademische Tätigkeit aufzugeben, und auch wir empfinden den Verlust für unsere Hochschulen auf das schmerzlichste. Aber unsere Gesellschaft hat als solche eher Grund sich darüber zu freuen: denn von der gewonnenen Musse wird die Wissenschaft und unsere Gesellschaft sicher Gewinn davon tragen!

3. Es werden einstimmig folgende Kandidaten in die Gesellschaft aufgenommen:

Frau Konsul Beuteführ in Zürich,
empfohlen durch Herrn Prof. Schröter.
Herr Walter Bremy, stud. phil., empfohlen durch Herrn Prof. Schröter.
Das Carnegie-Museum in Pittsburg, Pennsylvanien,
empfohlen durch Herrn Prof. Schinz.
Herr Dr. Peter Debije, Prof. für theoret. Physik an der Universität,
empfohlen durch Herrn Prof. Kleiner.
Herr Dr. Emil Feer, Prof. für Kinderheilkunde an der Universität,
empfohlen durch Herrn Prof. Schröter.
Frl. Rosa Fürst, stud. chem., empfohlen durch Herrn Prof. Schröter.
Herr Pierre Grölly-Haas, Kaufmann,
empfohlen durch Herrn Prof. Schröter.
Herr Dr. Ulrich Kramer, alt Lehrer,
empfohlen durch Herrn Prof. Schröter.
Herr Dr. Fritz Medicus, Prof. der Philosophie und Pädagogik an der eidgen. technischen Hochschule,
empfohlen durch Herrn Prof. Schröter.
Herr Oskar Rotenhäusler, dipl. Apotheker und stud. med.,
empfohlen durch Herrn Prof. Schröter.
Herr Dr. Albert Thellung, Privatdozent f. Botanik a. d. Universität,
empfohlen durch Herrn Prof. Schinz.

4. Vorlage der Rechnung durch den Quästor.

Zum ersten Male waren den Mitgliedern die Rechnung sowie die Berichte des Aktuars und Bibliothekars vor der Versammlung gedruckt zugestellt worden; sie wurden infolgedessen an der Versammlung nicht verlesen.

Die Rechnungsrevisoren (die HH. Dr. Th. Frick und Dr. Du Pasquier) beantragen Genehmigung der Rechnung unter bester Verdankung an den Quästor. Der Vorsitzende fügt den besondern Dank der Gesellschaft an den Quästor dafür hinzu, dass er nach 24 jähriger aufopfernder Tätigkeit in diesem Amte sich doch noch entschlossen hat, es weiter fortzuführen.

Der Antrag der Revisoren wird einstimmig gutgeheissen.

Der Vorsitzende macht nachdrücklich auf den trotz der 130 neuen Mitglieder doch noch sehr prekären Stand unserer Finanzen aufmerksam und mahnt zu energischer weiterer Werbetätigkeit. Das neue bereinigte Mitgliederverzeichnis, das jedes Mitglied in einem Separatabzug zugesandt erhalten hat, soll namentlich dazu dienen, zu sehen, wer noch nicht Mitglied unserer Gesellschaft ist.

5. Bericht des Aktuars.

Derselbe wird einstimmig gutgeheissen unter bester Verdankung an den Aktuar.

6. Bericht des Bibliothekars.

Auch dieser wird einstimmig verdankt unter Hinweis auf die Verdienste des Bibliothekars, der seit 19 Jahren dieses mühevolle Amt in ausgezeichneter Weise besorgt.

7. Der Bericht der Delegierten an den Brüsseler internationalen Entomologen-Kongress (Dr. A. v. Schulthess-Rechberg, Dr. Ris) wird bestens verdankt.

8. Wahlen.

Als Mitglied der Redaktionskommission an Stelle des demissionierenden Prof. Lang wird Prof. Schröter gewählt. Er nimmt das Amt an unter bester Verdankung der von Herrn Lang seit 17 Jahren der Gesellschaft geleisteten Dienste.

Als Rechnungs-Revisor wird gewählt Herr Ingenieur Bitterli, an Stelle des von Zürich wegziehenden Dr. Du Pasquier.

Als Delegierte unserer Gesellschaft an die schweizerische Naturforscherversammlung in Solothurn werden gewählt die Herren Prof. Rudio und A. Ernst.

Auf Vorschlag des Vorstandes werden die Herren Prof. Dr. Bredig und Einstein einstimmig zu korrespondierenden Mitgliedern gewählt, in Anbetracht ihrer hohen wissenschaftlichen Bedeutung und ihrer Verdienste um unsere Gesellschaft.

9. Besoldungserhöhung für unsern Abwart, Herrn Hans Heinr. Koch.

Der Vorsitzende macht darauf aufmerksam, dass am 1. November dieses Jahres unser Abwart sein 30jähriges Dienstjubiläum feiert. Der Vorstand schlägt vor, ihm in Anerkennung seiner ausgezeichneten treuen Dienste von diesem Tage an sein Gehalt von 2200 Fr. auf 2500 Fr. zu erhöhen. Dieser Vorschlag wird einstimmig angenommen.

10. Bibliotheksfrage.

Den Mitgliedern ist ein einlässliches Gutachten des Vorstandes über die Frage der Abtretung unserer Bibliothek an die zukünftige Zentralbibliothek Zürich zugegangen. Der Vorsitzende berichtet kurz über das Zustandekommen dieses Gutachtens, wobei er namentlich die äusserst wertvolle freundliche Mitwirkung von Herrn Dr. Hermann Escher, Oberbibliothekar der Stadtbibliothek aufs wärmste verdankt.

Der Schlussantrag des Vorstandes:

„Die Gesellschaft beauftragt den Vorstand, auf Grund der in dem Gutachten Absatz V aufgestellten Bedingungen mit den Organen der Zentralbibliothek über die Abtretung unserer Bibliothek an dieselbe zu unterhandeln, und ihr das Resultat der Unterhandlungen zum Entscheid vorzulegen“ wird einstimmig angenommen.

11. Anregungen aus dem Schosse der Gesellschaft.

Dr. Rübel beantragt, es möchte unsere Gesellschaft mit einem vom Vorstand zu bestimmenden jährlichen Beitrag als Mitglied dem schweizerischen Bund für Naturschutz beitreten. Der Antrag wird einstimmig angenommen. (Der Vorstand setzte später den Jahresbeitrag auf 50 Fr. fest.) — Schluss der Verhandlungen 6 Uhr 50.

Bericht des Quästors
über die
Rechnung der Naturforschenden Gesellschaft
für das Jahr 1910

Einnahmen:

Zinsen von Kapitalien	Fr.	4,309. 30
Beiträge der Mitglieder	„	4,643. —
Verkauf von Neujahrsblättern	„	510. 36
„ der Vierteljahrsschrift	„	225. 55
„ von Katalogen	„	16. —
Beiträge von Behörden und Gesellschaften	„	3,200. —
Allerlei	„	55. 50
Zusammen	Fr.	12,959. 71

Ausgaben:

Für Bücher	Fr.	5,388. 02
„ Buchbinderarbeit	„	1,052. 05
„ das Neujahrsblatt	„	558. 45
„ die Vierteljahrsschrift	„	4,881. 90
„ den Zentralkatalog	„	10. 95
„ Miete und Heizung	„	114. 50
„ Besoldungen	„	2,537. 20
„ allgem. Verwaltung	„	843. 60
„ Allerlei	„	50. 85
Zusammen	Fr.	15,437. 52

Gegenüber dem Voranschlag ergibt sich für die Einnahmen ein Mehrbetrag von Fr. 129. 71, herrührend von einem etwas höhern Ertrag der Neujahrsblätter, der Vierteljahrschrift und des Postens „Allerlei". Dagegen sind die Ausgaben um Fr. 1607. 52 grösser als vorgesehen war und übertreffen die Einnahmen um Fr. 2477. 81. An diesem Defizit partizipieren hauptsächlich die Posten Bücher und Büchereinbände, dann die Vierteljahrsschrift und endlich die allgemeinen Verwaltungskosten, welche durch die lebhafte Propaganda zur Anwerbung neuer Mitglieder eine ziemliche Steigerung erfahren haben.

Infolge dieses Defizites stellt sich das Vermögen der Naturforschenden Gesellschaft Ende 1910 auf Fr. 83,497. 39, wovon auf den Hauptfond Fr. 76,997. 39, auf den Illustrationsfond Fr. 6500. — entfallen, welch letzterer sich im Laufe des Jahres 1910 weder vermehrt noch vermindert hat.

Da nun für den Hauptfond nach § 9 der Statuten Fr. 70000 als Stammkapital, ferner Fr. 10000 auf Wunsch des s. z. Gebers, endlich gemäss eines Beschlusses der Gesellschaft das Kapital des Illustrationsfond nicht angegriffen werden sollten, so ergibt sich im Gesamtvermögen ein Fehlbetrag von Fr. 3002,61.

Voranschlag für das Jahr 1911.

Einnahmen.

Zinsen von Kapitalien	Fr.	4,300. —
Beiträge der Mitglieder	„	6,600. —
Verkauf von Neujahrsblättern	„	400. —
„ der Vierteljahrsschrift	„	200. —
Beiträge von Behörden und Gesellschaften	„	3,200. —
Allerlei	„	—. —
Zusammen	Fr.	14,700. —

Ausgaben:

Für Bücher	Fr.	5,000. —
„ Buchbinderarbeit	„	1,000. —
„ das Neujahrsblatt	„	600. —
„ die Vierteljahrsschrift	„	4,500. —
„ den Zentralkatalog	„	20. —
„ Miete und Heizung	„	120. —
„ Besoldungen	„	2,600. —
„ allgemeine Verwaltung	„	800. —
„ Allerlei	„	60. —
Zusammen	Fr.	14,700. —

Infolge einer rührigen Propaganda hat die Mitgliederzahl im Laufe des Winters 1910/11 um 130 zugenommen. Infolgedessen konnte für die „Beiträge der Mitglieder" für das Jahr 1911 eine Summe eingestellt werden, welche die entsprechende Einnahme des Jahres 1910 um ca. Fr. 2000 übersteigt. Die übrigen Einnahmeposten sind gleich gross wie im Vorjahr angenommen; die Beiträge der Stadt und des Lesemuseums sind für eine Reihe von Jahren festgelegt, als Staatsbeitrag sind wieder Fr. 1500 vorgesehen.

Die Ausgabeposten sind so normiert, dass ihre Summe nicht höher ist als diejenige der Einnahmen, ein Verfahren, das in Anbetracht des vorhandenen Defizits gewiss gerechtfertigt erscheint. Dr. Hans Kronauer.

Bericht des Aktuars
über die
wissenschaftliche Tätigkeit und den Bestand der Naturforschenden Gesellschaft 1910/11.

Das Berichtsjahr brachte durch eine rege Agitationstätigkeit eine starke Vermehrung der Mitgliederzahl und damit eine beträchtliche Erhöhung der Einnahmen. Diese gestatteten die Drucklegung der Protokolle und ausführlicher Referate über die an den Gesellschaftsabenden gehaltenen Vorträge; eine Neuerung, die sehr günstig aufgenommen wurde. Zum erstenmal werden in diesem Jahre auch die Berichte von Quästor, Aktuar und Bibliothekar den Mitgliedern gedruckt zugesandt. Die durch das Ausfallen ihrer Verlesung gewonnene Zeit wird dem wissenschaftlichen Teil der Hauptversammlung zugute kommen.

Die Hauptversammlung inbegriffen wird das Berichtsjahr 10 ordentliche und 2 ausserordentliche Sitzungen und 1 Diskussionsabend zählen.

Vorträge und Demonstrationen:

1. Prof. Dr. H. Zangger: Demonstration kinematographischer Aufnahmen mikroskopischer und ultramikroskopischer Objekte aus verschiedenen biologischen Gebieten. (Ausserordentliche Sitzung in den Übungssälen der Tonhalle.)
2. Prof. Dr. A. Lang: Fortschritte in der exakten Erblichkeitslehre I.
3. Ing. F. Drexler: Der gegenwärtige Stand der Flugtechnik (mit Projektionen); ausserordentliche Sitzung im Schwurgerichtssaal.
4. a) Dr. Leo Wehrli: Ein Besuch im Quecksilberbergwerk von Idria (mit Projektionen).
   b) Prof. Dr. C. Schröter: Der schweizerische Nationalpark (mit Projektionen).
5. Prof. Dr. A. Lang: Fortschritte in der exakten Erblichkeitslehre II.
6. Dr. A. Oswald: Ueber die Rolle der Schilddrüse im Körperhaushalt und den Kropf.
7. Prof. Dr. A. Einstein: Das Relativitätsprinzip.
8. Ing. E. Huber-Stockar: Ueber die Grenzen des Maschinenbaues.
9. Dr. E. Gogarten: Naturwissenschaftliche Bibliographie, ihre Klassifikation und ihre Bearbeitung nach den Grundsätzen des Concilium bibliographicum (mit Projektionen).
10. Diskussionsabend über das Relativitätsprinzip geleitet von Prof. Dr. A. Einstein.

11. Dr. E. Cherbuliez: Eulers Arbeiten auf dem Gebiete des Maschinen- und Ingenieurwesens.
12. Prof. Dr. G. Bredig: Kontaktchemische Erscheinungen in Wissenschaft und Technik (mit Projektionen).
13. Prof. Dr. H. Zangger: Die Grenzen der Unterteilung der Materie (die Avogadro'sche Zahl N) und deren Bedeutung für Biologie und Medicin.

Vierteljahrsschrift.

Der 55. Jahrgang der Vierteljahrsschrift umfasst 634 Seiten mit 25 Abhandlungen von 20 verschiedenen Verfassern. 1 dieser Abhandlungen stammt aus dem Gebiete der Astronomie, 2 der Mathematik, 4 der Physik, 9 der Botanik, 3 der Geologie, 1 der Palaeontologie, 1 der Meteorologie, 4 sind Beiträge zur schweizerischen Kulturgeschichte und Nekrologe. Das Schlussheft enthält ferner Sitzungs- und Bibliotheksbericht und ein zum erstenmal alphabetisch angeordnetes Mitgliederverzeichnis, in das auch die Präsidenten, Sekretäre, Quästoren, Bibliothekare und Redaktoren der Gesellschaft seit ihrer Gründung im Jahre 1746 aufgenommen worden sind. Dieses Mitgliederverzeichnis, mit einem Bild des Gründers unserer Gesellschaft geschmückt, wurde auch separat den Mitgliedern zugestellt.

Neujahrsblatt.

Das diesjährige Neujahrsblatt auf das Jahr 1911, 113tes Stück, wurde verfasst von Herrn Dr. Arnold Heim. Es trägt den Titel: „Ueber Grönlands Eisberge“, und enthält 7 Seiten mit 4 Tafeln nach photographischen Originalaufnahmen.

Der Mitgliederbestand zeigt dem vergangenen Jahre gegenüber folgende Veränderungen:

Gestorben sind die Herren:

Prof. Dr. Ulrich Krönlein.
Johann Friedrich Graberg.
Prof. Dr. Eduard Hagenbach-Bischoff, Ehrenmitglied.
Dr. Eduard Cornaz, korrespondierendes Mitglied.

Ausgetreten ist: Herr Prof. M. Lacombe.
Neuaufgenommen wurden 130 Mitglieder.
Gegenwärtig zählt die Gesellschaft
13 Ehrenmitglieder
1 korrespondierendes Mitglied
369 ordentliche Mitglieder, von denen 66 ausserhalb Zürichs wohnen.

Dr. E. Schoch-Etzensperger.

Bericht des Bibliothekars.

Die Zahl der Entleiher ist im Berichtsjahre um ein Geringes kleiner als im Vorjahre, nämlich 110 gegenüber 127 im Jahre 1909; gleicherweise hat auch die Zahl der entliehenen Werke eine entsprechende Reduktion erlitten: 1477 im Jahre 1910 gegenüber 1920 im Jahre 1909, wozu allerdings zu bemerken ist, dass in diesen Zahlen die bei den verschiedenen Institutsvorstehern deponierten Serien nicht mitberücksichtigt sind.

Das Lesezimmer im Helmhaus wurde täglich von durchschnittlich 10 Personen besucht.

Anzahl der Tauschgesellschaften: a) Schweiz 41; b) Deutschland 108; c) Oesterreich-Ungarn 43; d) Holland 13; e) Dänemark, Schweden und Norwegen 21; f) Frankreich 39; g) Belgien 11; h) Grossbritannien 35; i) Italien 30; k) Spanien und Portugal 8; l) Russland und Rumänien 23; m) Amerika 104; n) Übrige Länder 27. Total 503 (1909 : 499; 1908 : 492; 1907 : 486).

Eingegangen ist keine Tauschgelegenheit; die Jahresberichte der Fürstlich Jablonowskischen Gesellschaft in Leipzig, die wir bis anhin im Tausch erhielten, erhalten wir nunmehr geschenkweise.

Zahl der angeschafften Periodica: a) Akademien, Allgemeines 32; b) Astronomie und Meteorologie 4; c) Botanik 16; d) Geographie und Ethnographie 8; e) Geologie, Petrographie, Mineralogie und Palaeontologie 20; f) Mathematik 13; g) Physik und Chemie 16; h) Zoologie 15.

Zusammen 124 (109 : 128).

Der Rückgang ist darauf zurückzuführen, dass: 1. die „Etudes des gîtes minéraux de la France" uns nunmehr als Geschenk des französischen Ackerbauministeriums zugehen, 2. die Gaea (Leipzig) eingegangen ist, 3. das Serienwerk: Hann, Lehrbuch der Meteorologie, 2. Auflage mit Heft 7 seinen Abschluss gefunden hat und 4. der „Report of the British Association for the Advancement of Science" uns nunmehr, wie früher, auf dem Tauschwege zugeht.

Eine Revision der Bücherbestände hat im Jahre 1909 stattgefunden und statutengemäss haben wir daher im Berichtsjahre von einer solchen Umgang genommen.

Wie seit Jahren, beteiligte sich die Bibliothek auch im abgelaufenen an dem Zentralkataloge der zürcherischen Bibliotheken, sowie an den ebenfalls die stadtzürcherischen Bibliotheken umfassenden gemeinsamen „Zuwachsverzeichnissen", von denen im Jahre 1910 erschienen sind: 1909: Jahrgang XIII, Teil 1—4; 1910, Jahrgang XIV, Teil 1—2. Ebenso nahm die Bibliothek teil an dem alle schweizerischen Bibliotheken umfassenden „Zeitschriften-Verzeichnis der schweizerischen Bibliotheken, umfassend die im Jahre 1910 gehaltenen Periodica und Serien". Dieses, von der Vereinigung schweizerischer Bibliothekare ins Leben gerufene Unternehmen erschien 1904 in einer ersten Auflage, die längst vergriffen ist. Die Drucklegung einer 2. Ausgabe, fortgeführt bis 1910, entsprach demnach einem Bedürfnis.

Von einem für die Mitglieder der zürcherischen naturforschenden Gesellschaft besonders gedruckten, nicht nur den Jahreseingang, sondern die sämtlichen von der Bibliothek unserer Gesellschaft gehaltenen Periodica und Serien (Geschenke, Tauschschriften und Anschaffungen) enthaltenden Verzeichnis wird im Bibliotheksbericht über das Jahr 1911 die Rede sein.

Der Verkehr mit dem Lesemuseum, die Mappenzirkulation und die Abwicklung des Tauschverkehres gaben zu keinen besonderen Bemerkungen Anlass.

Prof. Dr. Hans Schinz.

Nach einer kleinen Pause hält Prof. Dr. Zangger einen Vortrag über: Die Grenzen der Unterteilung der Materie (die Avogadro'sche Zahl N) und deren Bedeutung für Biologie und Medizin. (Der Vortrag ist in extenso in den „Abhandlungen" abgedruckt).

Nach dem Vortrag vereinigte ein belebtes Bankett zirka 60 Mitglieder zu fröhlicher Geselligkeit.

Vor der Sitzung hatte der Vorsitzende eine Anzahl der Teilnehmer (zirka 30) durch das schöne Gut der Frau Rieter-Bodmer (mit freundlicher Erlaubnis der Besitzerin) und durch den Belvoirpark geführt.

Bericht über die ausserordentliche Veranstaltung vom 14. Oktober 1911.
Planktonexkursion auf dem Zürichsee.

Bei günstigem Wetter wurde die Fahrt mit dem Extraschiff „Albis" 1 Uhr 15 begonnen; der Vorsitzende begrüsste die zahlreich erschienenen Teilnehmer und Teilnehmerinnen (zirka 70) und teilte mit, dass sich folgende Herren als Mitglieder angemeldet haben:

Herr Eberhard Ackerknecht, Prosektor d. veterinär-anat. Instituts,
empfohlen d. Herrn Prof. Zietzschmann.
Herr Dr. Emil Baur, Prof. d. Chemie an der eidgen. techn. Hochschule,
empfohlen durch Herrn Prof. Schröter.
Herr Dr. Fritz Bützberger, Professor an der Kantonsschule,
empfohlen durch Herrn Prof. Rudio.
Herr Dr. Hans Schardt, Prof. d. Geologie an beiden Hochschulen,
empfohlen durch Herrn Prof. Schröter.
Herr Dr. Franz Schwerz, Assistent am anat. Institut in Bern,
empfohlen durch Herrn Prof. Schinz.
Herr Rudolf Staub, cand. geol., Zürich,
empfohlen durch Frl. Wagapoff.
Herr Dr. Emil Weber, Sek.-Lehrer, Zürich,
empfohlen durch Herrn Dr. Jak. Hug.

Der Vorsitzende gab hierauf eine kurze orientierende Übersicht über das Phytoplankton, welcher die Herren Prof. Keller und Heuscher noch weitere Erläuterungen über das Zooplankton beifügten. Dann wurde das unterdessen gefischte Plankton unter neun Mikroskopen demonstriert. In Thalwil und Horgen wurden die prächtigen Gärten von Frau Julius Schwarzenbach und Herrn Huber-Kudlich besucht, wozu die Besitzer in entgegenkommendster Weise die Erlaubnis erteilt hatten. Die Rückkunft nach Zürich erfolgte zirka 6 Uhr.

Protokoll der Sitzung vom 6. November,
abends 8 Uhr auf Zimmerleuten.

Vorsitzender: Prof. Dr. C. Schröter.

1. Die Protokolle der Hauptversammlung, der ausserordentlichen Sitzung vom 24. Juni und der Planktonexkursion vom 14. Oktober werden genehmigt.

2. Mitteilungen des Vorstandes.

a) Vortragsprogramm: Am 18. Dezember wird am Demonstrationsabend Herr Optiker Koch den neuen Leitz'schen Apparat für episkopische, diaskopische und mikroskopische Projektion vorführen. Der Vorsitzende ersucht um Beteiligung an diesem Abend durch Vorführung und Erläuterung von interessanten Bildern, Objekten oder Präparaten, mit Hülfe dieses Apparates.

b) Zeitschriften-Verzeichnis: Den sämtlichen Mitgliedern ist das Zeitschriften-Verzeichnis mit folgender Zuschrift des Vorstandes zugesandt worden: „Sie erhalten inliegend das „*Alphabetische Verzeichnis der sämtlichen laufenden Periodica und Serienwerke*" unserer Bibliothek, mit Angabe der gegenwärtig vorhandenen Bestände. Dieses Verzeichnis, von den treuen Mitarbeitern unseres Bibliothekars, Herrn Kern und Herrn Koch, unter dessen Leitung in verdankenswerter Arbeit zusammengestellt, soll unsern etwas veralteten Katalog ersetzen, indem es den weitaus wichtigsten Teil unserer Bibliothek, die Periodica, vollständig aufführt (ca. 900 Nummern!). Wer den Katalog

vom Jahre 1885, der ausserdem den Grossteil der Einzelwerke enthält, noch nicht besitzt, kann denselben zum Preise von 4 Fr. auf unserer Bibliothek beziehen.“ Es wird dem Bibliothekar, Herrn Prof. Schinz und seinen Mitarbeitern der Dank der Gesellschaft votiert für ihre sorgfältig durchgeführte und eminent nützliche Arbeit.

c) Die hohe Regierung des Kantons Zürich hat der Gesellschaft auch für dieses Jahr einen Beitrag von 1500 Fr. zugesprochen, der tit. Stadtrat einen solchen von 1200 Fr. Beide Gaben wurden auf das Wärmste am zustehenden Orte verdankt.

d) Jubiläum Koch. Am 1. November feierte unser Abwart, Herr Hans Heinrich Koch, sein 30jähriges Dienstjubiläum. Eine Delegation des Vorstandes hat ihm in seiner Wohnung ein Schreiben überreicht, in welchem ihm der beste Dank der Gesellschaft ausgedrückt und eine angemessene Gehaltserhöhung angekündigt wurde; seiner Frau, die ihm unermüdlich hilft, wurde ein Geschenk überreicht. Der Vorsitzende spricht unter dem allgemeinen warmen Beifall der Versammlung dem Jubilar noch einmal den Dank der Gesellschaft aus und verbindet damit den Wunsch, dass er noch lange unserer Gesellschaft ein treuer Helfer sein werde.

e) Abtretung unserer Bibliothek an die zukünftige Zentralbibliothek. Der Vorstand hat auftragsgemäss der hohen Regierung des Kantons Zürich den Vorschlag unterbreitet, unsere Bibliothek unter gewissen Bedingungen an die Zentralbibliothek abzutreten. Die hohe Erziehungsdirektion hat mit folgendem Schreiben geantwortet:

Zürich, den 6. November 1911.

Die Direktion des Erziehungswesens des Kantons Zürich an den Vorstand der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich.

Mit Ihrem Schreiben vom 18. Juli 1911 teilen Sie uns mit, dass die Naturforschende Gesellschaft Zürich in ihrer Hauptversammlung vom 3. Juli l. J. einstimmig ihren Vorstand beauftragt habe, mit den Organen der zu gründenden Zentralbibliothek Unterhandlungen über die Abtretung Ihrer Bibliothek an diese Stiftung anzuknüpfen. Sie schlagen vor, dass wir in Unterhandlungen mit Ihnen eintreten möchten, und verweisen dabei auf die Bedingungen, die in einem uns eingereichten Gutachten enthalten sind, und die Sie uns auftragsgemäss als Ihre Vorschläge unterbreiten.

Wir haben mit Interesse von Ihren Vorschlägen Kenntnis genommen und wollen auch nicht unterlassen, Ihnen zu Handen Ihrer Gesellschaft unseren besten Dank für Ihr wertvolles Anerbieten auszusprechen. Es wird uns auch von den Personen, die sich mit den betriebstechnischen Fragen der Organisation der Zentralbibliothek befassen, versichert, dass die gestellten Forderungen in materieller Hinsicht zu keinen Einwendungen Veranlassung geben werden. Dagegen ist es aus formellen Erwägungen im gegenwärtigen Moment nicht möglich, dass wir die Unterhandlungen mit Ihrer Gesellschaft an die Hand nehmen. Damit die Zentralbibliothek in der Form einer öffentlichen Stiftung des Kantons und der Stadt Zürich Rechtskraft erhalten kann, ist erst nötig, durch Volksabstimmung die Grundlagen festzulegen. Bevor dies geschehen ist, kann die kantonale Direktion des Erziehungswesens wohl zu Handen der ins Leben zu rufenden Stiftung Schenkungen entgegennehmen; aber sie ist nicht zuständig, irgend welche Verpflichtungen festzulegen, die auf die Organisation oder den Betrieb der Zentralbibliothek von Einfluss sein werden. Ebenso

ist für die künftige Zentralbibliothek noch kein Organ bestimmt, das derartige Verhandlungen führen könnte. Es besteht z. Z. allerdings eine Kommission aus Vertretern des Regierungsrates und des Stadtrates Zürich; allein die Aufgabe dieser Kommission bezieht sich im wesentlichen auf die Fortführung der baulichen Fragen, die hinwiederum für die beiden Kontrahenten Finanzfragen von einschneidender Bedeutung sind und die bei den Ansprüchen, wie sie gegenwärtig in finanzieller Hinsicht an den Kanton gemacht werden, mit aller Vorsicht zu behandeln sind.

Wenn wir also zu unserem Bedauern die von Ihnen gewünschten Unterhandlungen von uns aus und im gegenwärtigen Moment nicht aufzunehmen in der Lage sind, so geben wir doch der Hoffnung Ausdruck, dass der Zeitpunkt des Inkrafttretens der Stiftung der Zentralbibliothek als eines bedeutungsvollen Mittels zur Förderung des wissenschaftlichen Lebens unseres Kantons und besonders unserer Hochschule nicht mehr fern sein möge. Ihrer Gesellschaft gegenüber wiederholen wir unseren Dank für die uns zugesicherte Unterstützung. Wir zweifeln nicht, dass dannzumal eine Einigung zwischen Ihrer Gesellschaft und den Organen der Zentralbibliothek über die Abtretung Ihrer wertvollen Bibliothek werde erzielt werden können.

Hochachtend Der Direktor des Erziehungswesens:

(sig.) Locher.

Der Vorsitzende konstatiert, dass dieses verbindliche Schreiben der h. Erziehungsdirektion eine für beide Teile erspriessliche Lösung der Frage voraussehen lässt. „Benützen wir die Zeit des Abwartens, um jeder an seiner Stelle möglichst tatkräftig zum Zustandekommen der Zentralbibliothek mitzuhelfen!“

f) Eintritt in den Naturschutzbund. Herr Dr. Paul Sarasin hat auf die Nachricht hin, dass unsere Gesellschaft mit einem Jahresbeitrag von 50 Fr. in den Naturschutzbund eintrete, folgendes Schreiben an den Vorstand gerichtet:

Basel, 28. Juli 1911.

An den Vorstand der Naturforschenden Gesellschaft Zürich.

Hochgeehrte Herren!

Die Nachricht, dass die Tit. Naturforschende Gesellschaft Zürich einstimmig beschlossen habe, dem Schweizer. Bund für Naturschutz als Kollektivmitglied beizutreten und zwar mit dem schönen jährlichen Betrag von Fr. 50.—, habe ich soeben erhalten und spreche im Namen der Leitung des Bundes umso lebhafteren Dank aus, als ich darin nicht nur eine finanzielle, sondern auch moralische Unterstützung unserer Bestrebungen seitens einer streng wissenschaftlichen Korporation erblicke, von welcher ich sowohl den Mitgliedern der Schweizer. Naturschutzkommission als sämtlichen kantonalen naturforschenden Gesellschaften Mitteilung zu machen die Ehre haben werde.

Mit dem Ausdruck vorzüglicher Hochachtung

(sig.) Paul Sarasin.

g) Prof. Dr. Bredig verdankt seine Ernennung zum korrespondierenden Mitglied durch ein sehr freundliches Schreiben:

Karlsruhe i. B., den 21. Oktober 1911.

An den Präsidenten der Naturforschenden Gesellschaft Zürich.

Hochgeehrter Herr Präsident!

Bei meiner Ankunft im neuen Wirkungskreise fand ich hier das Diplom als korrespondierendes Mitglied Ihrer hochverehrten Gesellschaft vor. Ich

bin dadurch auf das Freudigste überrascht worden und erlaube mir, Ihnen und Ihrer hochgeschätzten Gesellschaft in diesen Zeilen meinen ehrerbietigsten Dank auszusprechen. Aber nicht nur für diese fast zu hohe Auszeichnung möchte ich der Naturforschenden Gesellschaft Zürich danken, sondern auch für die vielen anregenden und belehrenden Stunden, die ich in ihrer Mitte während meines leider so kurzen Aufenthaltes in Zürich geniessen durfte. In diesen Tagen hörte ich durch einen Züricher Freund von Ihrer neulichen Plankton-Exkursion auf dem Zürichsee und fast wehmütig wurde ich dadurch an das schöne Zürich und seine biedern Bewohner erinnert, an die freundliche Harmonie von ernstem Forschen und menschlich-freundlicher Geselligkeit, die aus der Freude an Ihrer herrlichen Heimat hervorgeht und in Ihrer Gesellschaft eine geistig gehobene Stätte hat. Nehmen Sie und die Naturforschende Gesellschaft die Versicherung meiner dauernden, dankbaren Anhänglichkeit entgegen von Ihrem

hochachtungsvoll ergebenen

(sig.) G. Bredig.

h) Änderungen im Mitgliederbestand.

Ausgetreten sind die Herren Dr. Roland Bertsch und Prof. Lalive.

Von Zürich weggezogen sind: Herr Ing. Büeler (Österreich); Herr Dr. Stix (Berlin); Frl. A. Hallmann (Bremen); Herr Paul F. Wild (München); Herr A. Vöge (Amerika).

Wir verlieren diese Mitglieder mit grossem Bedauern.

3. Die im vorherigen Protokoll als Kandidaten angekündigten 7 Mitglieder werden einstimmig aufgenommen.

4. Folgende Damen und Herren haben sich zum Eintritt angemeldet:

Herr Dr. Dumas, Privatdozent für Mathematik an der Eidgen. Technischen Hochschule, empfohlen durch Herrn Prof. Weiss.

Herr Dr. med. Julius Froehner, Arzt und prakt. Zahnarzt, empfohlen durch Herrn Prof. Gysi und Herrn Dr. Gassmann.

Herr G. Henny, cand. chem., empfohlen durch Herrn van Holste-Pellekaan.

Herr A. Keller, cand. geol., empfohlen durch Frl. Wagapoff.

Frl. Margrit Peter, Lehrerin, empfohlen durch Herrn Dr. A. Günthart.

Frl. Martha Pfister, Lehrerin, cand. geol., empfohlen durch Frl. Wagapoff.

Frau Sophie Rotsźajn, stud. phil., empfohlen durch Herrn Prof. Dr. R. Gerlach.

Herr Walter Siede, genannt de Haas, Redaktor am Kosmos und Mikrokosmos, empfohlen durch Herrn Dr. Koelsch.

Herr Reinhold Trüb, Ingenieur und Fabrikant, Hombrechtikon, empfohlen durch Herrn Täuber.

5. Herr Prof. Dr. P. Weiss hält einen Vortrag über: Anschauungen über Magnetismus, ihre Beziehungen zur Molekularphysik und das Magneton (in extenso in den „Abhandlungen" abgedruckt).

In der Diskussion weist Prof. Dr. Kleiner auf die hohe Bedeutung der Weiss'schen Resultate, die durch die übereinstimmenden Ergebnisse ganz verschiedener Versuchsreihen einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit erlangen. Er beglückwünscht den Vortragenden zu diesen hochwichtigen neuen Anschauungen, welche das Ergebnis langjähriger auf dasselbe Ziel gerichteter Untersuchungen sind.

Protokoll der Sitzung vom 20. November 1911,
abends 8 Uhr im Hörsaal VII der Universität.

Vorsitzender: Prof. Dr. C. Schröter.

1. Das gedruckt vorliegende Protokoll der letzten Sitzung wird genehmigt.

2. Der Vorsitzende spricht dem Tit. Rektorat der Universität den Dank der Gesellschaft aus für die freundl. Überlassung des Hörsaals.

3. Die das letzte Mal angemeldeten 9 Kandidaten werden einstimmig aufgenommen.

4. Es haben sich folgende 4 Kandidaten neu angemeldet:

Herr Dr. phil. Hans Hauri, Lehrer am Fridericianum in Davos, empfohlen durch Herrn Prof. Schröter.

Herr Daniel Jenny-Tschudy, Fabrikant in Glarus, empfohlen durch Herrn Dr. med. C. Schindler.

Herr Max Levien, cand. phil., empfohlen durch Herrn Dr. Tschulok.

Herr Dr. phil. Gotthold Steiner, Gymnasiallehrer, empfohlen durch die Herren Prof. Lang und Hescheler.

5. Der Vorsitzende teilt mit, dass von unsern beiden, auf einer Forschungsreise in den bolivianischen Anden befindlichen Mitgliedern Dr. Herzog und Carl Seelig gute Nachrichten eingetroffen sind über erfolgreiche und an wissenschaftlicher Ausbeute sehr ergiebige Besteigungen einiger Gipfel von über 5000 m. ü. M.

6. Herr Dr. de Quervain hat sich in verdankenswerter Weise bereit erklärt, in einer Extrasitzung unserer Gesellschaft über das letzte Erdbeben zu referieren, sobald er mit der Bearbeitung der Berichte genügend vorgerückt ist.

7. Herr Dr. Hans Bluntschli hält einen von einem äusserst reichen Demonstrationsmaterial in Tafeln und Objekten begleiteten Vortrag: Zur Phylogenie des Primatengebisses, mit Ausblicken auf dasjenige der Säugetiere überhaupt.

Über diesen Vortrag soll hier nur ein kurzes Auto-Referat gegeben werden, da der Vortrag selbst in extenso in den „Abhandlungen" erscheint.

„Das Gebiss hat von jeher in der Zoologie und Paläontologie eine sehr wichtige Rolle gespielt. Die Einschätzung der Besonderheiten im Zahnbau und in der Zahnzahl bei den Säugetieren hat aber im Laufe der Zeiten entschiedene Wandlung erfahren. Vor allem musste der Gedanke, dass das Gebiss etwas starres darstelle, Zahnform und Zahnformel absolut unveränderliche Grössen seien, aufgegeben werden. Der Zahnapparat ist vielmehr in hohem Grade wandlungs- und anpassungsfähig; es vollziehen sich diese Wandlungen nur in relativ grossen Zeiträumen und vielfach im Zusammenhang mit dem gesamten Schädelbau. So liegt es nahe, an eine innere Bedingtheit der Wandlungen am Schädel und Gebiss zu denken.

Diese Beziehungen festzustellen, unternahm der Vortragende ausgedehnte Untersuchungen an Primaten, d. h. Halbaffen, Affen und Menschen und fand, dass die wichtigsten Umwandlungen im Primatengebiss die Zähne hinter dem Eckzahn betreffen (postcanine Zähne). Die Bolksche Hypothese, dass der Altweltsaffenzustand mit 2 Prae- resp. Milchmolaren und 3 Dauermahlzähnen aus dem Zustand der amerikanischen Cebiden mit 3 Prae- resp. Milchmolaren und 3 Dauermahlzähnen dadurch entstanden sein dürfte, dass der letzte Milchmolar der Westaffen zu einem Dauerzahn (erster Molar) der Ostaffen wurde und gleichzeitig in der ersten und zweiten Zahnserie je der letzte Zahn der Reduktion

verfiel, wird durch eine Reihe neuer Tatsachen bestätigt. Vor allem ist wichtig, dass bei allen Altweltsaffen der zweite Milchmahlzahn im Kronenbau typisch mahlzahnartig ist, während er dies bei Neuweltsaffen nicht ist. Auch sonst gibt es eine ganze Reihe von Momenten, die dafür sprechen, dass ein postcaniner Zahn aus einem praemolariformen in einen molariformen Typus übergehen kann. Die postcaninen Zähne der ersten Zahnserie sind als eine einheitliche Reihe sowohl onto- wie phylogenetisch aufzufassen. Ihre Ausbildungsform hängt in hohem Grade mit der Art und Weise, wie sich der Jochbogen in den Schädel einpflanzt, zusammen. Es muss nämlich das speziell beissende Kauen der Säugetiere, bei denen die Kieferbewegung eine rein oder vorwiegend orthale (d. h. mit Auf- und Abbewegung, im Gegensatz zur Vor- und Rück- oder stärkeren seitlichen Bewegung bei anderen Säugetieren) ist, nicht nur als eine feste Annäherung des Unterkiefers an den oberen aufgefasst werden, sondern vielmehr als ein Zermalmen der Nahrung zwischen beiden Zahnreihen, wobei der Masseter sowohl Druck wie Gegendruck erzeugt. Der Jochbogen ist nämlich als Gewölbe aufzufassen und da ein Zug an einem Gewölbebogen sich stets auf die Widerlager überträgt und das vordere Jochbogenwiderlager, das am meisten durch die Masseterwirkung belastet wird, selber wieder auf Gewölben lastet (äussere Kieferwand, Gaumengewölbe), so wird an der Stelle, wo letzteren die hinteren Oberkieferzähne eingepflanzt sind, bei der energischen Masseterkontraktion ein abwärts gerichteter Druck entstehen müssen. Man braucht sich den nicht so vorzustellen, als ob dabei die oberen Molaren herabträten, aber sie werden zufolge jenes Druckes dem andrängenden Unterkiefermolaren entschiedensten Widerstand leisten, so dass die Nahrung gewissermassen zerquetscht wird.

Die grosse Bedeutung des Masseters und Jochbogens für alle jene Säugetiere, deren Kieferbewegung vorwiegend orthal erfolgt, geht daraus hervor, dass überall die grössten und stets molariformen oberen Zähne unter der direkten Jochbogeneinpflanzungsstelle sich finden. Erfolgt die Jochbogeneinstrahlung wie bei allen primitiven Säugetieren flach, d. h. mehr von hinten als von der Seite her, so wird der Jochbogendruck auf eine grössere Zahl von Zähnen verteilt werden und infolgedessen zwischen den einzelnen Molaren die Grössendifferenz nicht so hochgradig sein, wie im zweiten Fall, wo der Jochbogen stärker von der Seite her sich einpflanzt und infolgedessen einzelne Zähne — bald vordere, bald hintere, je nach der Stelle der Einstrahlung — stärker belastet, während andere, die ihm und seiner Wirkung mehr oder weniger entzogen sind, Entlastung erfahren und reduziert werden. Ontogenetisch lässt sich für alle Primaten zeigen, dass nur jene oberen Zähne molariform sind, welche eine Zeitlang den direkten Jochbogendruck erfahren. Mit dem Wachstum verschiebt sich der Kiefer dem übrigen Schädel gegenüber nach vorn, der Jochbogen rückt den Zähnen gegenüber nach hinten und jene ursprünglich von ihm belasteten Zähne werden entlastet und dann gewechselt, während andere, hintere nun den Jochbogendruck erfahren. In jedem Altersstadium steht der grösste, molariforme Oberkieferzahn an der Stelle, wo sich der Jochbogendruck am stärksten geltend macht. Die ontogenetische Verschiebung der vorderen Jochbogeneinpflanzungsstelle geht aber bei den verschiedenen Primaten sehr verschieden weit; sie setzt bei allen Altweltsaffen und beim Menschen um eine Zahnbreite weiter vorn ein als bei den Neuweltsaffen. In dieser Jochbogenverschiebung, die zum Teil bedingt ist durch die Relation zwischen Gehirn und Gebiss (denn die vordere Jochbogeneinstrahlung steht im Zusammenhang

mit der seitlichen Augenhöhlenwand und diese wieder mit den vorderen Teilen der Gehirnkapsel), welche, wie sie ontogenetisch nachgewiesen, auch für die Stammesgeschichte angenommen werden muss, wofür die Paläontologie eine Reihe von wichtigen Anhaltspunkten gibt, liegt der Schlüssel für die Beurteilung der Katarrhinen- und Platyrrhinenzahnformel. Die vorwiegend orthale Kieferbewegung ist nicht bei allen Primaten bewahrt geblieben. Wo die Zähne noch scharfe und hohe Höcker tragen, da beherrscht sie den Kiefermechanismus, da ist die Jochbogen-Gebissrelation am reinsten ausgesprochen. Wenn die Höcker niederer werden, stärkere seitliche Kieferexkursionen hinzukommen, die Ernährungsweise einseitiger, speziell mehr und mehr herbivor wird, dann wird jene Relation weniger auffallend und kann bei den Schlankaffen (mit wiederkäuerähnlichem Magen) selbst ganz verloren gehen. Den ersteren, orthalen Typus zeigen speziell Halbaffen und viele primitive Westaffen, den zweiten gemischten Bewegungstypus fast alle Altweltsaffen, ganz speziell auch die Formen mit sekundärer Schnauzenverlängerung (Anthropomorphen). Die Unterkieferzähne verhalten sich immer korrelativ zu den oberen.

Nachdem sich für die Primaten für die Beurteilung der Stammesgeschichte des Gebisses ein mechanisches Moment so bedeutsam erwies, legte sich der Sprechende die Frage vor, ob nicht am Ende durch das Jochbogenproblem die Frage eine gewisse Beantwortung finden könne, warum die Säugetiere Mahlzähne und einen einheitlichen Unterkiefer besitzen, was beides den lebenden Reptilien fehlt. In der Tat zeigen zahlreiche mehr oder weniger ursprüngliche Säugetiere mit primitiven Primaten im Verhalten des Jochbogens und der Kaumuskulatur sehr auffallende Analogie und wo die Kieferbewegung eine orthale ist, findet sich stets auch die Beziehung zwischen Molarengrösse und Jochbogeneinpflanzung ausgesprochen. Es lässt sich nun zeigen, dass bei keinem lebenden Reptil die Vorbedingungen bestehen, welche uns die Entstehung von Mahlzähnen mechanisch verständlich machen könnte. Die Kieferbewegung ist eine schnappende, ein Masseter fehlt allen Ordnungen ausser den Schildkröten und diese haben zumeist keinen Jochbogen. Wo ein unterer Jochbogen sich findet, ist er entweder nicht muskularisiert oder es sind schon, ehe der Jochbogen aus dem eigentlichen (Stegocephalen) Schädelpanzer sich bildete, die Zähne verloren gegangen (einzelne Schildkröten). So fehlt hier überall die mechanische Vorbedingung für ein Beissen nach Art der Säugetiere mit orthalem Kiefermechanismus. Dagegen sehen wir, dass schon in der Gruppe der Theromorphen zwei Richtungen im Schädelbau sich anbahnen, die eine mit der Ausbildung zweier Schläfenbögen, von denen der untere wohl so wenig muskularisiert war wie bei den recenten Formen, die aus jener alten palaeo- und mezozoischen Tetrapodengruppe sich herleiten (Rhynchocephalen, Saurier, Krokodile, Schlangen, Vögel), wo höher differenzierte Zahnformen nicht vorkommen und eine zweite, beginnend mit den Theriodontiern und Cotylosauriern, wo der Besitz eines echten Jochbogens zusammenfällt mit dem Auftreten verschieden gebauter Zähne. Da alle rezenten Formen, die genetisch mit jenen fossilen zusammenhängen könnten, einen muskularisierten Jochbogen besitzen, liegt die hypothetische Annahme sehr nahe, dass eben auch jener Theriodontier-Jochbogen muskularisiert war und dass, da die mechanische Vorbedingung gegeben war, sich hier eigentliche Kauzähne entwickeln konnten, während bei den bezahnten Reptilienordnungen jene Bedingungen fehlten. Beide Zustände lassen sich ohne weiteres aus dem Stegocephalenverhalten ableiten. So sehen wir die Amnioten an der Wurzel verknüpft und doch später in so ganz verschiedene

Bahnen gedrängt. Die primitiven Säugetiere sind, das ist schon lange den Untersuchern aufgefallen, im Gebiss- und dem Jochbogenverhalten unter sich auffallend ähnlich gebaut. Ihr einheitlicher Unterkiefer weist ebenfalls daraufhin, dass hier der Masseter eine sehr bedeutsame Funktion besessen haben muss und dass das Auftreten einer festen knöchernen Mandibel aus einem Stück unzweifelhaft in Zusammenhang steht mit jenen Wandlungen am Gebiss und seinem Mechanismus.

Die Homodontie bei Zahnwalen und der Schwund des Jochbogens bei einzelnen Insektivoren und Chiropteren sprechen nicht gegen die primäre Bedeutung des Jochbogens für die Entstehung eigentlicher Kauzähne, indem sowohl die Paläontologie wie die Ontogenie jene Befunde als sekundäre Erwerbungen erscheinen lässt."

Diskussion.

Prof. Zietzschmann macht zu den interessanten Ausführungen, nach denen der Musc. masseter und die Art der Einstrahlung des Jochbogens das Gebiss beeinflussen, einige Bemerkungen, dahingehend, dass die Art des Gebrauches des Gebisses die Schädelform abändern kann. Er erläutert dies nach den Untersuchungen Schäme's (Inaugural-Dissertation, Zürich) am Canidenschädel, der in seiner Wildform eine gerade Profillinie zeigt, während er beim Domestikationstyp vor und zwischen den Orbitae eine mehr oder weniger tiefe Einsenkung, die Glabella, besitzt. Als Ursache sei die vorwiegende Inanspruchnahme der Canini beim Wildhunde, der vorwiegende Gebrauch der Sectorii dagegen beim Haushunde anzusprechen, und zwar handle es sich hier speziell um die Mitwirkung des Musc. temporalis. Die Resultierende der Druckkräfte laufe beim Wildhundtyp vom Caninus in gerader Linie gegen den Temporalis. Die Oberkieferstirnbeinplatte, die den Druck leitet, ist hier eben. Beim Domestikationstyp dagegen, bei dem der Reisszahn in erster Linie in Funktion trete, bei dem aber der Druck von unten weiter hinten auf die Oberkieferstirnbeinplatte trifft, sei eine gerade Verbindung vom Sectorius zum Musc. temporalis unmöglich; die Drucklinien seien gezwungen, den Umweg medial um die Augenhöhle zu nehmen und es werde die Oberkieferstirnbeinplatte sich einsenken, damit die aufeinanderwirkenden Druckkräfte wenigstens in möglichst flachem Bogen sich begegnen können.

Prof. Hescheler hält mit dem Vortragenden die Bolk'sche Hypothese über die Differenzierung des Primatengebisses, trotzdem sie neuerdings bekämpft worden ist, für sehr aussichtsvoll. Als wichtiges Indizium zu ihren Gunsten sieht er besonders das häufige Auftreten eines sogenannten vierten Molaren bei Anthropomorphen an. Ein wirklicher vierter Molar ist innerhalb der Placentalsäuger und im Hinblick auf die gemeinsame Urgebissformel aller Placentalia etwas ganz Unverständliches. Die Bolk'sche Auffassung hebt die Schwierigkeit ohne weiteres.

Die neuen Anschauungen von Herrn Dr. Bluntschli betrachtet der Sprechende als äusserst glückliche und fruchtbare; es scheint ihm durchaus wahrscheinlich, dass sie in allen Punkten zutreffend sind. Dass gerade die einzigen Wirbeltiere ausserhalb der Mammalia, die säugerähnliche Molaren besitzen, die Theriodontia unter den Reptilien, auch einen ähnlichen Jochbogen wie die primitiven Säuger haben, fällt schwer ins Gewicht. Leider entziehen sich diejenigen Formen der Säugetiere, von denen man besonders komplette paläontologische Reihen mit schrittweiser Umwandlung des Gebisses kennt, die herbivoren Ungulaten (wie z. B. die Equiden, die selenodonten Paarhufer) der Bluntschlischen

Hypothese, weil es sich bei ihnen nicht um orthale Kieferbewegung handelt. Dennoch können sie für eine Prüfung der Richtigkeit der neuen Anschauungen sehr wichtig werden, weil die Ausgangsformen dieser Reihen mit ihren bunodonten Molaren sich so verhalten müssen, wie es die Bluntschlische Auffassung verlangt, und augenscheinlich tun sie dies.

Es wird dann noch daran erinnert (unter ausdrücklichem Hinweis, dass damit der grossen Bedeutung der neuen Ideen des Vortragenden kein Eintrag geschieht), dass nicht alle Ausgestaltungen der Backenzähne sich aus mechanischen Wirkungen und topographischen Beziehungen erklären lassen, sondern dass ein Teil der speziellen Differenzierung im einzelnen Fall nur aus der Vorgeschichte der Art, aus ihrer Abstammung erklärt werden kann.

Prof. Heim weist darauf hin, dass vielleicht doch bei genauem Nachsehen an paläontologischem Material das erste Auftreten der Muskularisierung des Jochbogens nachgewiesen werden könne.

Prof. Schröter frägt an, ob nicht vielleicht experimentell, durch Eingreifen in die Ontogenese, die Beziehungen zwischen Jochbogen und Molaren geklärt werden können.

Der Vortragende führt in seiner Replik folgendes aus:

„Ich danke bestens für die in der Diskussion gefallenen Voten und bedaure nur, dass ich in meinem Vortrag wegen der Kürze der Zeit manches nicht und manches nicht ausführlich genug habe darlegen können. Herr Prof. Hescheler würde sonst einer ganzen Reihe jener Gedankengänge, die er eben geäussert hat, in meinen Ausführungen begegnet sein. So muss ich ihn auf die Veröffentlichung im Druck, die in Bälde bevorsteht, verweisen. Ich freue mich, dass er zu so wohlwollender Beurteilung der ganzen Frage gekommen ist, bin mir aber auch wohl bewusst, dass es noch vieler Arbeit bedarf, bis das ganze Problem als einigermassen klar gestellt gelten darf. Nur auf eines möchte ich hier noch hinweisen, nämlich darauf, dass sicher eine ganze Reihe von Faktoren bei der Umbildung des primitiven Säugetiergebisses in die so ungemeine Vielseitigkeit der heute lebenden Formen mitgespielt haben. Der ursprüngliche Zustand war bedingt durch eine wohl insecti-fructivore Ernährung und einen mehr oder weniger rein orthalen Kiefermechanismus. Er wurde, sobald die Zerspaltung des ursprünglich einheitlicheren Säugerstammes in die verschiedenen Ordnungen stattfand, modifiziert a) durch Jochbogenverschiebungen, die ihrerseits vielfach in Relation mit Änderungen am Gehirnschädel und damit am Gehirne stehen, b) durch Erwerbung einseitigerer Ernährungsweise, die selber sehr verschiedener Art sein kann und unter deren Einfluss sich die Zähne, ebenso wie c) der Kiefermechanismus modifizieren. Der letztere wird dann statt orthaler mehr oder weniger propalinale oder ectal-entale Bewegungen ausführen, womit natürlich der Wert des Masseters als Erzeuger von Druck und Gegendruck sinkt, während die seitlichen, vor- und rückwärtsziehenden Kiefermuskeln resp. Muskelteile erhöhte Bedeutung bekommen. Diese an sich schon recht komplexen Faktoren werden nun bei den verschiedensten Säugetieren in den mannigfaltigsten Abstufungen im Einzelnen wirksam sein, um den Gebissapparat in steter harmonischer Relation zum Schädel auf der einen Seite, den mit der Aufnahme und der Verarbeitung der Nahrung zusammenhängenden Bedingungen auf der andern Seite zu erhalten und wo durch Änderung eines Faktors das Gleichgewicht gestört wird, wird wohl auf indirektem Wege durch Umbau und Neuanpassung das Gleichgewicht allmählig wieder hergestellt. Dass hier tatsächlich individuelle Anpassungen

bestehen, lehren die Röntgenbilder durch Ober- und Unterkiefer, die, trotz gewisser Schwierigkeiten, die ja der Beurteilung von Röntgenbildern bekanntlich stets entgegenstehen, jene trajektionellen Systeme zeigen, von denen oben die Rede war, aber auch individuelle Besonderheiten in deren Verlauf erkennen lassen. Dass hier in diesen Knochenstrukturen physiologisch wichtige Gebilde vorliegen, kann wohl kaum bestritten werden. Die gänzliche Verschiedenheit im Verlauf der Knochenbälkchen im Ober- und Unterkiefer weist schon darauf hin, wie in beiden Kiefern die mechanischen Verhältnisse verschieden liegen, wie ja auch durch das Ansteigen der Zahnreihen nach hinten der Jochbogendruck durch die Oberkieferzähne auf eine längere Strecke der Unterkieferzähne, gewissermassen ausstrahlend, verteilt wird. Darum sind die Grössendifferenzen an unteren Postcaninen nie so deutlich und so scharf ausgeprägt wie an oberen, wenn sie auch nie ganz fehlen, so lange noch eine orthale Kieferbewegung bedeutsam mitspielt.

Die Rolle des Temporalis, auf die Herr Prof. Zietzschmann hinwies, ist entsprechend seinem Verlauf und seiner Wirkung als Geschwindigkeitshebel ganz vorwiegend bedeutsam für die vorderen Kieferzähne und ihre Beziehungen zum Schädel. Die Differenzierung der hinteren, von denen ich vor allem sprach, steht zunächst — solange ein orthaler Kiefermechanismus besteht — unzweifelhaft vorwiegend unter dem Massetereinfluss.

Experimentell die Beziehung zwischen Jochbogen und Molaren zu untersuchen, hat seine Schwierigkeiten, vor allem deswegen, weil es sich um Züchten zahlreicher Generationen handeln würde, denn, da die Zähne bekanntlich in ihrer Gestalt und Grösse ausgebaut sind ehe sie in Funktion treten, kann eine Veränderung der Grösse oder des Kronenbaues eines Zahnes nie direkt durch individuelle Anpassung zu Stande kommen, sondern nur dadurch, dass bestimmte Reize, welche den Keimzellen zugeleitet werden, bei den Nachkommen eine Veränderung in der Anlage und Ausbildung bestimmter Zähne herbeiführen."

Der Vorsitzende spricht zum Schluss dem Vortragenden den besten Dank der Gesellschaft aus, und erwähnt bei dieser Gelegenheit, dass derselbe beabsichtige, im kommenden Jahr in Gemeinschaft mit Herrn Peyer eine grössere wissenschaftliche Expedition ins Amazonasgebiet auszuführen zum Zwecke insbesondere Materialien für embryologische Studien an Affen zu sammeln. Die Gesellschaft ruft ihrem Mitglied und seinem Begleiter zur erfolgreichen Durchführung dieses grossangelegten und äusserst sorgfältig vorbereiteten Projektes ein herzliches „Glück auf!" zu.

Protokoll der Sitzung vom 4. Dezember 1911.

Vorsitzender: Prof. Dr. C. Schröter.

1. Das gedruckt vorliegende Protokoll der letzten Sitzung wird genehmigt unter bester Verdankung an die Herren Auto-Referenten.

2. Die das vorige Mal angemeldeten vier Kandidaten werden aufgenommen.

3. Es haben sich neu angemeldet:

Herr Dr. Otto Busse, Prof. für pathol. Anatomie an der Universität, empfohlen durch Prof. Schröter.

Herr Dr. Joseph Esslen, Prof. der Nationalökonomie an der Universität, empfohlen durch Herrn Dr. de Quervain.

4. Herr Dr. **Paul Arbenz** hält einen Vortrag:

Der Gebirgsbau der Zentralschweiz.

Als zu Beginn dieses Jahrhunderts die Lehre vom Deckenbau auf das ganze Gebiet der Schweizeralpen Anwendung gefunden hatte, bot die Zentralschweiz noch ein dankbares Untersuchungsfeld. Die älteren Aufnahmen von Kaufmann, Baltzer und Moesch bildeten für die nunmehr beginnende detaillierte Durchforschung des ganzen Gebiets eine gute Grundlage. Heute ist diese Arbeit, die von der Schweizerischen Geologischen Kommission geleitet wird, nahezu vollendet. Der Vortragende hatte in seiner Dissertation den Frohnalpstock neu beschrieben und geologisch kartiert, und das Produkt sechsjähriger Arbeit ist die soeben erschienene geologische Spezialkarte des Gebirges zwischen Engelberg und Meiringen (1:50000), die der Vortragende vorweist.

Die Einteilung des Alpenkörpers geschieht heute auf ganz anderer Grundlage als früher. Unter den aus krystallinen Gesteinen bestehenden Zentralmassiven unterscheidet man solche, die autochthon (nicht überschoben) sind, wie Aarmassiv, Montblancmassiv (= Zone der äussern Massive) und das Massiv des M[te] Cenere, die durch steile Fächerstellung der Gneise und diskordante Überlagerung des Mesozoikums ausgezeichnet sind, — und solche, die zu riesigen Deckenfalten zusammengestaut wurden, wie die Massive des Wallis und Tessin (= penninische Decken), in denen Gneise und Mesozoikum konkordant liegen. Der autochthone Sedimentmantel der äussern Massive gehört zur helvetischen Facies, die sedimentäre Hülle der penninischen Decken zeigt dagegen die Facies der Glanzschiefer und Bündnerschiefer (penninische Facies). Das Bindeglied zwischen beiden Zonen findet sich in den helvetischen Decken, die auf der Südseite der äussern Massive wurzeln. Sie wurden über das Aarmassiv hinweggeschoben und sind heute in der Hauptsache nur auf der Nordseite der äussern Massive als wurzellose Massen erhalten geblieben. Über den helvetischen liegen die lepontinischen Decken, deren Reste uns im Chablais und in den Préalpes, sowie auch in den sog. Klippen, wie Stanserhorn und Mythen entgegentreten. In Bünden liegen sie über dem penninischen Schieferland. Ihre Wurzel erreicht man erst südlich des Engadin. Auch die westlichen Préalpes müssen südlich von den penninischen Decken wurzeln. Noch weiter südlich wurzelt die oberste Deckengruppe, die ostalpine. Ihr Stirnrand liegt im Allgäu und Vorarlberg, ihre Wurzel im Veltlin. Auch dieses ungeheure Deckenland wurde von Süden nach Norden geschoben. An einem Erosionsrand hören sie in Bünden westwärts auf und ihre Unterlage, das lepontinische und penninische System, kommt zum Vorschein. Die Ostalpen liegen somit auf der Verlängerung der Westalpen.

In den tiefen Quertälern der Reuss und der Engelberger-Aa erhalten wir einen Einblick in den Bau der Zentralschweiz. Das krystalline Aarmassiv wird durch die Windgällen-Fernigen-Mulde zweigeteilt. Das Nordmassiv ist dasjenige der nördlichen Gneise (= Erstfeldergneise und Gasteren-Granit); das Südmassiv ist das eigentliche Aarmassiv. In der Windgällenfalte legt sich ein Teil des Südmassivs über das wenig gefaltete Nordmassiv. Die Diskordanz der Trias gegenüber den Gneisen ist deutlich. Als Analogon zur Windgälle ist am Westende des Massivs die Deckfalte der Blümlisalp zu betrachten, und der trennenden Windgällenmulde entspricht dort der sog. obere Jungfraukeil.

An das Massiv und seine autochthonen Falten schliesst sich gegen Norden eine im Westen schmale, im Osten breite Flyschzone, die parautochthone

Flyschzone. Zwischen Windgälle und Linthtal liegen in ihr kleine Decken aus Jura und Kreide, die sich vom Sedimentmantel des Massivs abgespalten haben (= parautochthone Decken). Sie werden nach W. Staub von der Windgällenfalte beeinflusst und stellenweise in die Windgällenmulde eingewickelt, ein Beweis für die Existenz junger Deformationen am Massivrand.

Die helvetischen Decken sind durch die Axendecke (= tiefere helvetische D.) und die Drusbergdecke (= höhere helvetische D.) vertreten. Mit ihren zum Teil kompliziert gefalteten Kreideserien erreichen beide von S herabsteigend den Urnersee, die zugehörigen Kerne von Jura und Trias sind dagegen höher oben zurückgeblieben. Die Axendecke schliesst in der Gegend des Urnersees mit tauchender Stirn ab, während die Drusbergdecke aus der Absenkungszone wieder zur Randkette emporsteigt. Die Übereinanderlagerung der Jurafalten beider Decken ohne Zwischenlagerung vollständiger Kreideserien ist im Querprofil von Engelberg besonders deutlich. Die Abtrennung und Separatfaltung der Kreide gegenüber den zurückgebliebenen Jurakernen ist innerhalb der Drusbergdecke auf die isolierende Wirkung der mächtigen Valangienmergel zurückzuführen.

Die Kreidestirn der höhern helvetischen Decke ist in der Zentralschweiz tief geteilt (= Teildecken). Die tiefsten Abzweigungen nehmen am Aufbau der Randkette teil (z. B. Pilatusdecke, Bürgenstockdecke nach Buxtorf). Auch in der Ostschweiz zeigen Axen- und Drusbergdecke mehrere Teildecken.

Eine wesentliche Komplikation der Querprofile ist durch die schon seit 1902 durch Lugeon bekannt gewordenen Einwicklungen höherer, zum Teil lepontinischer Decken unter oder zwischen tiefere Decken bedingt (Diablerets, Randkette, Wildflysch). Die Überschiebung der eingewickelten Deckenreste muss notwendigerweise für älter angesehen werden als die der einwickelnden Decken. Nach Abschluss des Überschiebungsprozesses trat eine Aufwölbung des Aarmassivs ein, die eine Steilstellung, stellenweise sogar eine Überkippung der Unterfläche der helvetischen Decken zur Folge hatte. Dabei sind die Decken wohl vielfach ins Gleiten geraten.

Von besonderem Interesse sind ausser den komplizierten Querprofilen auch die bis jetzt weniger beachteten Formen der Längsprofile. Sowohl das Massiv wie die Decken zeigen in ihrem Verlauf ein wellenförmiges Auf- und Absteigen ihrer Faltenscheitel und -Axen. Drei Wölbungen lassen sich innerhalb der Zentral- und Ostschweiz unterscheiden, nämlich: Wölbung I vom Finsteraarhorn zum Brienzersee, von II getrennt durch die Quermulde Haslital-Brünig; Wölbung II: vom östlichen Sustengebiet zur Rigihochfluh (= Reusswölbung); Wölbung III: vom kleinen Massivbuckel von Vättis nach Weesen. Die Vertiefung zwischen II und III enthält verschiedene Teilmulden, z. B. eine, die vom Klausen gegen Iberg führt. Die Wölbungen II und III fallen in der Randkette mit Stellen zusammen, wo der Alpenrand hinter mächtigen Nagelfluhmassen nach Süden einspringende Winkel bildet. Ohne Zweifel sind die Wölbungen in den äussern Ketten auf die stauende Wirkung der subalpinen Nagelfluhzentren zurückzuführen. Die Massivwölbungen sind dagegen in ihrer Anlage älteren Datums. Auch sie haben bei den Deckenschüben nachweisbar als Widerstände gewirkt. Ausser diesen Momenten kommt aber bei der Beurteilung der Querwölbungen auch noch die letzte Aufstauung des Massivs wesentlich in Frage.

Der Faltungsprozess der Alpen war nicht einheitlich. Die Einwicklung älterer Decken in jüngere und das Dominieren ostalpiner und lepontinischer

Gerölle in der miozänen Nagelfluh zeigt uns, dass die grossen Deckenschübe der Ostalpen und Préalpes schon vor Miozän erfolgt waren. Erst als dieses miozäne Gebirge stark abgetragen war, fand im Pliozän die Ausgestaltung der helvetischen Decken statt. Dabei wurde auch die Molasse gefaltet und die helvetischen Decken schliesslich noch auf die Molasse überschoben.

Aus diesen Überlegungen lässt sich ersehen, wie ungemein schwierig es sein muss, die miozänen Täler zu rekonstruieren. Die Nagelfluhzentren entsprechen wohl ganz allgemein der Mündung von Talsystemen. Die Übereinstimmung in der Lage und Zahl der Wölbungen mit den Nagelfluhzentren ist jedoch auffallend. Man kann sich denken, dass die stärkste Abtragung der höchsten Decken über den damals schon vorhandenen Massivwölbungen stattfand, so dass sich die grössten Geröllanhäufungen vor den Wölbungen bilden mussten.

Für die pliozänen und gegenwärtigen Täler der Zentralschweiz lässt sich auch unter Berücksichtigung der Wölbungen und Quermulden keine einfache Formel finden. Aare- und Rheintal verlassen die Alpen in Quermulden, Reuss- und Linthtal in Querwölbungen. Muotatal und Haslital folgen Quermulden; das Reusstal liegt in einer Wölbung.

Wir sind noch weit davon entfernt, alle Zusammenhänge zwischen Tektonik und Oberflächengestaltung in den Schweizeralpen nennen zu können. Die zahlreichen Falten und andern Strukturdetails, die bei der Abtragung des Gebirges herausgeschält werden, verhalten sich gegenüber den grossen Formen wie Ornamente. Die grossen Formen selbst, die Silhouette des Gebirges aus der Ferne betrachtet, steht dagegen unter dem Einfluss der quer verlaufenden Wölbungen und Mulden.

Prof. Alb. Heim, vom Präsidenten zur Diskussion aufgefordert, verdankt dem Vortragenden die sehr schöne Zusammenstellung unserer heutigen Kenntnisse vom Bau der Zentralalpen, die demselben nicht möglich gewesen wäre ohne seine eigene intensive und eindringliche Mitarbeit in einem sehr komplizierten Stück derselben, dem Gebiete zwischen Meiringen und Engelberg. Die geologische Karte 1 : 50 000 dieses Gebietes von Herrn Dr. Arbenz gehört mit einigen wenigen andern zusammen zum allervollendetsten, was die geologische Durchforschung und Darstellung der Alpen bis jetzt erreicht hat. Noch besseres liesse sich einzig erreichen auf Grundlage einer noch wesentlich besseren Karte in wenigstens doppelt so grossem Masstabe. Herr Dr. Arbenz hat manche zum Teil auch neue Reflexionen an seine Darstellungen geknüpft. Für die Schwankungen der Höhe in der Längsrichtung der Falten sollte man bessere Ausdrücke finden, im besondern passt der Ausdruck „Mulde“ für eine Depression im Längsverlaufe nicht. Herr Arbenz und ich haben zusammen bisher vergeblich nach einer besseren Bezeichnung gesucht.

Wenn wir von gutem Übersichtspunkt die Alpen überschauen, so bemerken wir, dass die Gipfelhöhen nicht unregelmässig verteilt sind, sondern sich an gemeinsame generelle Niveaux halten. Ein 4000 m hoher Berg ist im Walenseegebiet und im Vierwaldstätterseegebiet eine Unmöglichkeit. Die Berge sind in ihrer Höhe viel ausgeglichener, als es ihrem inneren Bau entspricht. Wenn die Abwitterung ganz nach dem innern Bau gearbeitet hätte, so wären viele Berggruppen noch viel höher, andere niedriger. Den Schwankungen in der Höhe in der Längsrichtung der Decken verdanken wir es überhaupt, dass wir die verschiedenen Decken kennen und ihre Übereinanderfolge ablesen können. Wo das gesamte Faltenwerk sinkt, kommen an der Oberfläche die höheren

Decken zur Erscheinung (Ostalpen), wo es steigt, hat die Verwitterung die oberen Decken weggenommen und uns die tieferen entblösst (Zentralalpen). Die Abwitterung mildert die Höhendifferenzen im Grossen, schafft aber die enorme Gliederung im Einzelnen.

Der Vortragende hat auf die Erscheinung hingewiesen, dass obere Decken am Rande der autochthonen Zentralmassive völlig eingewickelt sind und daraus geschlossen, dass die letzte gewaltigste Aufstauung der autochthonen Zentralmassive als eine späte Phase der Alpenfaltung erst nach dem Überschieben der meisten Decken eingetreten ist. Damit stimmt überein, dass dagegen die Glarnerdecken an ihrer Unterfläche da fast eben verlaufen, wo darunter kein Zentralmassiv mehr auftaucht (Linthtal bis Taminatal). In dieser letzten Phase nach dem Hauptüberschieben der Decken erfolgte im Süden die Senkrechtstellung der Deckenwurzeln, in der Mittelregion die enorme Erhebung der autochthonen Massive mit Aufwölbung der darüber liegenden Decken, und am Nordrande das Anbranden und Zerschellen der Deckenstirnränder am Nagelfluhgebirge. Diese Bewegungen sind die jüngsten nachmiozänen gewesen, während das Wandern der Decken schon vormiozän begonnen hat.

Prof. J. Früh interessieren die durch die Längsprofile aufgedeckten und quer zu den Alpen ziehenden Wölbungen und Vertiefungen; er möchte aber vorläufig noch keine bedeutsamen Beziehungen zwischen einzelnen Antiklinalen und „Nagelfluh-Delta“ finden. Er beglückwünscht den Vortragenden zu der trefflichen Karte, welche indessen mit der Fülle der Symbole bald die Grenze des Möglichen erreicht haben dürfte. Bei dieser Gelegenheit hebt er hervor, dass die von der Schweizerischen Geologischen Kommission innerhalb der letzten 10 Jahre im Masstab 1 : 50 000 publizierten Hochgebirgsblätter nach topographischer Unterlage, Kartierung, Farben und Druck die erste Stelle unter ähnlichen Arbeiten einnehmen.

Herr Dr. Walter Staub macht darauf aufmerksam, dass wahrscheinlich auch eine grosse Anzahl von Querdislokationen in den höheren helvetischen Decken mit dem letzten nach Norden-Drängen der Decken zusammenhängt. Wenn wir nämlich Gebiete der parautochthonen Decken und Falten (z. B. der Windgällenfalte, der Doldenhorndeckfalte, der Dent de Morclesdecke) durchwandern, so fällt uns auf, wie untergeordnet hier das Auftreten von Brüchen ist, wogegen in den höheren helvetischen Decken Querdislokationen ausserordentlich häufig sind. Da nun das Aufstauen der parautochthonen Falten und Decken (z. B. der Windgällenfalte) bestimmt einer jüngsten Faltungsphase angehört, und ebenso eine grosse Zahl der Querdislokationen in den höheren helvetischen Decken die jüngsten Bildungen in diesen Decken sind, so liegt es auf der Hand, das Zerstückeln dieser Decken durch Brüche mit dem letzten nach Norden-Drängen der Decken und dieses wieder mit dem Aufstauen der parautochthonen Decken in Zusammenhang zu bringen.

Der Vortragende bemerkt in Anlehnung an das Votum von Herrn Prof. Heim, dass er sich die junge Aufwölbung des Massivs von einer Vertiefung der vorliegenden Mulde, der Absenkungszone begleitet denkt. Unter diesem Gesichtspunkt wäre das Produkt dieser letzten Deformation eine flache Falte, die Autochthones und Decken ergriffen hat

Mit der Ansicht von Herrn Dr. W. Staub, viele der Querdislokationen auf diese letzte Bewegung zurückzuführen, ist der Vortragende durchaus einverstanden. Ferner verdankt er die warmen Worte von Herrn Prof. Früh, die sich

auf die Karte von Engelberg-Meiringen bezogen. Der Detailreichtum dieses Blattes ist in der Tat so gross, dass der Autor selbst eine Vereinfachung als einen Fortschritt ansehen würde. In komplizierten Gegenden ist die Vereinfachung aber viel schwieriger als die Aufnahme zahlreicher Details.

Der Vorsitzende fügt dem lebhaften Dank an den Vortragenden noch die Bemerkung hinzu, dass Herr Prof. Schardt zu seinem grössten Bedauern am Besuch der heutigen Sitzung verhindert war. Im Namen der Gesellschaft beglückwünscht er die Schweizerische Geologische Kommission, die Leiterin unserer geologischen Landesaufnahme, zu den raschen und ergebnisreichen Fortschritten dieses Unternehmens, an dem eine so stattliche Schar junger aufstrebender Kräfte sich betätigt.

Protokoll der Sitzung vom 18. Dezember 1911.

(Demonstrations- und Projektionsabend.)

Im Auditorium des neuen kantonalen Chemiegebäudes.

Vorsitzender: Prof. Dr. C. Schröter.

(Anwesend ca. 250 Mitglieder und Gäste.)

1. Das gedruckt vorliegende Protokoll der letzten Sitzung wird genehmigt, unter bester Verdankung an die Herren Auto-Referenten.

2. Der Vorsitzende spricht Herrn Prof. Dr. Werner den Dank der Gesellschaft aus für die freundliche Überlassung seines prächtigen Auditoriums, ebenso dessen Assistenten, Herrn Dr. Karrer, für seine Hilfe bei den Demonstrationen.

3. Der Vorsitzende teilt mit, dass vor kurzem unser zweitältestes Mitglied, Herr Johann Kaspar Escher-Hess, einem Schlaganfall erlegen ist. Die Gesellschaft wird dem ausgezeichneten Manne, der ihr seit 1856 angehört und 27 Jahre lang als Quästor ausgezeichnete Dienste geleistet hat, ein warmes, dankbares Andenken bewahren. Die Anwesenden erheben sich zu Ehren des Verstorbenen von ihren Sitzen.

4. Fräulein Amalie Hallmann, die als ins Ausland verreist abgemeldet war, wünscht auch in der Ferne unser vollwertiges Mitglied zu bleiben; wir freuen uns dieser Anhänglichkeit und hoffen, dass auch andere auswärtige Mitglieder diesem Beispiel folgen werden.

5. Die das letzte Mal Angemeldeten zwei Kandidaten werden einstimmig aufgenommen.

6. Es hat sich als neues Mitglied angemeldet:

Herr stud. phil. Breitbart, empfohlen durch Herrn Prof. Schlaginhauffen.

7. Der Vorsitzende teilt zur vorläufigen Orientierung mit, dass beim Vorstand ein Gesuch des Herrn Dr. de Quervain eingelaufen ist, die Gesellschaft möge der von ihm und andern schweizerischen Forschern geplanten Grönland-Expedition ihre Unterstützung leihen. Der Vorstand steht dem sorgfältig vorbereiteten Unternehmen durchaus sympathisch gegenüber und wird der Gesellschaft in der nächsten Sitzung einen Antrag betreffend eine gemeinschaftliche Aktion mit der geographisch-ethnographischen Gesellschaft vorlegen.

8. Es finden folgende Demonstrationen statt:

a) Prof. Dr. Albert Heim legt die soeben im Druck fertig gewordene zweite Auflage der von der Schweizerischen Geologischen Kommission herausgegebenen

geologischen Karte der Schweiz in 1 : 500000 vor. Alle Untersuchungen, die seit der ersten Auflage 1894 erschienen sind, wurden darin berücksichtigt. Es ist das Werk des Zusammenarbeitens aller schweizerischen Geologen unter einheitlicher Leitung, die mit den technischen Hülfsmitteln der Reproduktion ebensogut vertraut sein musste, wie mit den darzustellenden geologischen Verhältnissen. Eine erstaunliche Fülle von Einzelheiten sind durchsichtig zum harmonischen sprechenden Gesamtbilde vereinigt. Diese zweite Auflage übertrifft auch in der Klarheit der Darstellung die erste bei weitem. Die topographische Unterlage ist die Karte von Leuzinger. Besonders hervorzuheben ist überdies ein Schattierungston für das Gebirge, der in SE-Beleuchtung gezeichnet ist und damit endlich einmal eine natürliche Beleuchtung gibt im Gegensatz zu der unglücklichen NW-Beleuchtung unserer meisten Karten.

Die Karte ist hergestellt durch 23 übereinander gedruckte Platten, wovon vier auf die Topographie, eine für Farbgrenzen, drei für Farbzeichen und 15 auf Farbtöne fallen. Im genauen Passen der 23 Druckplatten in der Klarheit der Töne und ihrem Zusammenwirken ist die Karte ein Kunstwerk der „Kartographia Winterthur", das wohl noch unerreicht dasteht. Die vorliegenden Blätter zeigen die Entstehung des Ganzen durch das sukzessive Übereinanderdrucken der 23 Platten. Ein wunderbar sprechendes und klares Bild des merkwürdigen geologischen Baues unseres Vaterlandes wird besonders durch dasjenige der vorliegenden Druckblätter gegeben, in welches Orte, Bahnen, Strassen und Namen noch nicht eingedruckt sind. Es ist eine wahre Farbensymphonie, welche uns die geologische Geschichte unseres herrlichen Landes erzählt.

Das Werk kommt im Januar 1912 zur Ausgabe. Der Preis ist weit unter die Herstellungskosten herabgesetzt worden (6 Fr., aufgezogen 7 Fr.), um ihm möglichste Verbreitung und dadurch Nützlichkeit zu sichern. (Autoreferat.)

b) Prof. Dr. M. Düggeli demonstriert Leuchtbakterienkulturen.

Der Referent ersucht einleitend um die gänzliche Ausschaltung von künstlichen Lichtquellen, um die Augen der Zuhörer tunlichst ausruhen zu lassen, und dadurch erhöhte Empfindlichkeit für die Vorweisung von Bakterienlicht zu erzielen.

Bei der Gewinnung von Rohkulturen der Leucht- oder Photobakterien dienen uns als Ausgangsmaterialien tote Meertiere wie: Schellfisch, Merlans, Hummern, Austern etc., oder aber das für Konsumzwecke bestimmte Fleisch unserer geschlachteten Tiere. Das Material wird in Glasdosen bei niedriger Temperatur (im Sommer im Eiskasten, im Winter im ungeheizten Zimmer) aufgestellt und erhält bei Verwendung von Säugetierfleisch zweckmässiger Weise einen Zusatz von etwas Salzwasser. Nach 1—8tägigem Aufbewahren zeigt das Ausgangsmaterial in ca. 20—80% der Fälle Lichtproduktion in Form schwachleuchtender Flecken oder intensiv Licht ausstrahlender Punkte. Unter Verwendung kochsalzhaltiger Nährböden können nach den Prinzipien der bakteriologischen Technik mittels des Plattenverfahrens aus diesen Rohkulturen dann Reinkulturen von Leuchtbakterien gewonnen werden. Das von den gegenwärtig bekannten 30 verschiedenen Photobakterienarten produzierte Licht zeigt einen eigentümlichen, an Phosphoreszenz erinnernden Aspekt, der von den einzelnen Beobachtern als „kalt", „unheimlich", „magisch" etc. bezeichnet wird. Das Spektrum des Bakterienlichtes ist gekennzeichnet durch das Vorkommen von reichlich gelben und blauen, namentlich aber von grünen Lichtstrahlen, während die andern Strahlengattungen entweder gänzlich fehlen,

oder nur in untergeordnetem Masse beobachtet werden können. Wenngleich die Intensität des Spaltpilzlichtes keine hervorragende ist, so gelingt es doch mit Hülfe dieser Lichtquelle bei Wicken- und Erbsenkeimlingen positiv heliotropische Krümmungserscheinungen zu erzielen und auch die photographische Platte bei Innehaltung grösserer Expositionszeiten wirksam zu belichten.

Der Referent wies sodann, für alle Teilnehmer schon von der Ferne gut sichtbar, eine grössere Zahl Riesenkulturen von Leuchtbakterien vor, von denen folgende genannt seien: Rohkulturen auf Rindfleisch und Schellfisch, verschiedene leuchtende, aus Bakterien bestehende Bilder auf Salzgelatineplatten; Bouillonkulturen in Erlenmeyerkolben, sowie in kürzern und langen, geraden und gewundenen Glasröhren und Standzylindern, die jeweils beim Durchschütteln und damit erfolgendem Luftzutritt stark aufleuchteten und ein kleines Feuerwerk imitierten; Salzagar- und Salzgelatine-Strichkulturen, sog. Bakterienlampen als Rollkultur in Erlenmeyerkolben, eine leuchtende Fontäne, sowie leuchtende Wäsche vervollständigten die Demonstration. (Autoreferat.)

c) Dr. Oskar Baudisch und Herr Erwin Mayer demonstrieren lichtchemische Reaktionen mit der Quecksilberlampe.

Für lichtchemische Reaktionen wird in letzter Zeit die Quarz-Quecksilberlampe von Heraeus vielfach verwendet. Die Lampe ist äusserst lichtstark und gibt das ganze Quecksilberspektrum bis zum äussersten Ultraviolett wieder.

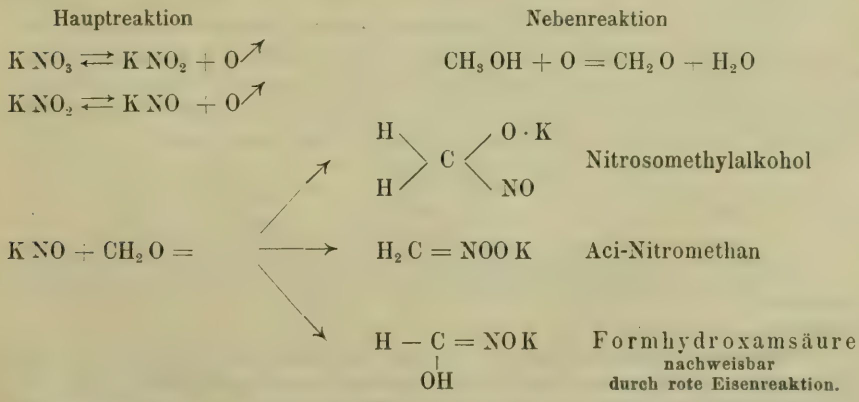
„Wir führen Ihnen heute einige lichtchemische Reaktionen mit Hilfe der Quarz-Quecksilberlampe vor, bemerken jedoch gleichzeitig, dass alle die hier demonstrierten lichtchemischen Reaktionen auch durch die Energie der Sonnenstrahlen ausgeführt werden können.

Wir werden Ihnen einen Fall der spezifischen, organischen Photosynthese mit Hilfe von Farbenreaktionen zeigen.

Die organische Photosynthese ist uns bis heute in ihrem Umfang und ihrer Mannigfaltigkeit nur durch die Pflanzenwelt bekannt.

Die hier vorgeführte lichtchemische Synthese dürfte auch im Leben der grünen Pflanzen von Bedeutung sein. Wir belichten in einem flachen, aus Bergkrystall hergestelltem Gefäss eine methyl-alkoholische 1/20 norm. Kaliumnitratlösung.

Der Verlauf der Lichtreaktion ist — soweit wir ihn hier vorführen — in Formeln ausgedrückt folgender:



Wir werden Ihnen die einzelnen Phasen dieser Lichtsynthese vorführen.

1. Abspaltung von Sauerstoff aus Kalisalpeter.

$$K\,NO_3 \rightleftarrows K\,NO_2 + O \nearrow$$

Nachweis des abgespaltenen aktiven, molekularen Sauerstoffs durch Farbenreaktionen:

a) Eine farblose wässrige Lösung von Kalisalpeter und Jodkaliumstärke wird, den Strahlen einer Quecksilberlampe ausgesetzt, in wenigen Sekunden tiefblau (Bildung von blaugefärbter Jodstärke).

b) Eine farblose wässrige Kaliumnitratlösung, gemischt mit wässriger Aloïnlösung, wird dagegen in einigen Minuten tief rot (typische Reaktion auf aktiven Sauerstoff).

2. Abspaltung von Sauerstoff aus Kaliumnitrit.

Nachweis des abgespaltenen Sauerstoffs durch Meta-Phenylendiamin. — Eine farblose, wässrige Lösung von Kaliumnitrit und Meta-Phenylendiamin färbt sich bei der Bestrahlung in wenigen Sekunden schwach braun.

3. Nachweis der Bildung von Nitrosylkalium (NO K).

Bildung von Formhydroxamsäure aus Nitrosylkalium und Formaldehyd. Die, 30 Minuten lang belichtete, farblose methyl-alkoholische Lösung von Kaliumnitrat, gibt nach dieser Zeit mit Eisenchlorid eine violettstichig rote Färbung (typische Reaktion auf Formhydroxamsäure).

Der folgende Versuch soll zeigen, dass die Abspaltung von Sauerstoff aus Nitraten, speziell durch kurzwellige — von Glas absorbierte — Strahlen vor sich geht.

Je ein Röhrchen aus Bergkrystall und aus Glas werden mit farblosen, wässrigen Lösungen eines Gemisches von Kalisalpeter und Jodkaliumstärke gefüllt und belichtet.

Im Quarzröhrchen tritt nach wenigen Sekunden Blaufärbung auf. Im Glasröhrchen bleibt die Lösung vollkommen klar und ungefärbt.

Wir werden Ihnen noch eine Sauerstoffwanderung und damit verbundene Farbstoffbildung vorführen.

Ein mit Azoxynaphtalin schwach gelb gefärbtes Filtrierpapier wird im Licht in wenigen Minuten tief rot, weil der Sauerstoff der Azoxygruppe in den Kern wandert und Ortho-Oxyazonaphtalin gebildet wird.

Diese Lichtreaktion wird hauptsächlich durch die Energie der langwelligen — Glas durchlässigen — Strahlen hervorgerufen.

Es wird ferner vorgeführt, dass durchsichtige, kolloïde Substanzen Licht von verschiedener Wellenlänge in verschiedenem Masse durchlassen.

Ein mit Kalisalpeter und Jodkaliumstärkekleister behandeltes Filtrierpapier bleibt bei Bestrahlung mit Quecksilberlicht unverändert, d. h. es tritt keine Blaufärbung auf, wenn man folgende Lichtfilter anwendet:

1. Eine durchsichtige Glasplatte,
2. „ „ Gelatinplatte,
3. „ klare, verdünnte, wässrige Hühner-Eiweisslösung.

Dagegen wird ein mit Azoxynaphtalin getränktes Filtrierpapier, bei Anwendung der eben erwähnten Filter, hinter denselben genau so rasch im Licht verändert, als ohne diesen.

Vielleicht differenziert das kolloïdale Plasma das eindringende weiss Tageslicht in den grünen Pflanzen und bringt es in verschiedenen Teilen der kolloïden Kammern zu ganz verschiedener Wirkung.

Schliesslich wird noch gezeigt, dass auch Farbstoffe durch Lichtsynthese gebildet werden können. Vielleicht spielt dieser Vorgang eine Rolle bei der Bildung der Farbstoffe in den Pflanzen. Aldoxime geben mit Meta-Phenylendiamin, je nachdem man in wässriger oder methyl-alkoholischer Lösung belichtet, grüne und blaue Farbstoffe, deren Konstitution noch bestimmt werden muss.

Die Lichtchemie, speziell die Lichtsynthese ist in den Anfangsstadien ihrer Entwicklung; grosse Probleme harren hier noch ihrer Lösung."

(Autoreferat.)

d) Herr Optiker Koch demonstriert den neuen Leitz'schen Universalapparat für episkopische, diaskopische und mikroskopische Projektion. Die folgenden Vorführungen geschehen mit Hülfe dieses Apparates.

e) Prof. Dr. Max Standfuss demonstriert:

I. Bilder aus dem Insektenleben der Umgebung Zürichs während des Winters.

Im Winter, d. h. von Ende November ab bis gegen Ende Februar hin, ruht unsere Insektenwelt im allgemeinen in tiefem Schlafe. Eine Ausnahme machen, neben sehr einzelnen, absonderlichen Fliegenarten (z. B. *Chionea araneoides* Dalm. bei Rheinau, Zürich etc.) und Schnabelfliegenarten (*Boreus hiemalis* L. im Küsnachtertobel), gewisse auf sehr ursprünglicher Stufe stehen gebliebene Insektenformen: die „Springschwänze" (*Collembola* oder *Poduridæ*). Eine ganze Reihe von Arten derselben werden gelegentlich, auch bei Zürich, so im Zollikerberg, im Küsnachtertobel, bei Bülach, Schaffhausen etc. mitten im Winter, Dezember, Januar, Februar, an Waldsäumen, auf Waldwegen oder in Lichtungen zu vielen hunderten, ja tausenden, selbst auf dem Schnee, hüpfend angetroffen. Sie bilden dann den sog. „schwarzen Schnee", welcher sich am häufigsten aus zahllosen Individuen der demonstrierten *Achorutes schupplii* Haller zusammensetzt. Es ist dies ein naher Verwandter des bekannten, ebenfalls vorgewiesenen Gletscherflohes (*Isotoma saltans* Ag. = *Desoria glacialis* Nic.), welcher auf dem Firneise der Hochalpen zwischen 2400 und 3500 m während der Sommermonate in weiter Verbreitung — Ortlergebiet, Berninagruppe, Monte Rosa, Jungfraustock etc. — truppweise auftritt.

Im übrigen schläft unsere Insektenwelt im Winter; manche Arten im Stadium des Eies, dann meist von dem mütterlichen Tier in Felsenspalten, Rindenrisse, oder anderweitige schützende Winkel der Vegetation geborgen, vielleicht auch mit der Afterwolle des weiblichen Körpers überdeckt, welche die Eier für die Insektenfresser ungeniessbar zu machen pflegt. Andere Arten überwintern wieder als Larve, oder als Puppe, viele auch als vollkommene Insekten. Diese drei Entwicklungsstadien pflegen an der Erde versteckt zu sein, in dürren Blättern ruhend, oder in das Moos verkrochen, häufig auch in den Boden eingegraben.

Eine kleine Anzahl von Insektenarten aber überwintert selbst im Larven-, Puppen-, oder Imaginalstadium ganz frei an Stämmen oder Zweigen, darunter einige unserer Prachtarten. Demonstriert werden:

Im Larvenstadium:

1. Sechs lebende Raupen des kleinen Schillerfalters (*Apatura ilia* S. V.) an Zitterpappelreiser festgesponnen. Die Raupe ist im Herbst zunächst grün und sitzt dann, in ihrem schützenden Gewande schwer sichtbar, frei auf den

Blättern der Zitterpappeln. Sobald sie sich anschickt, ihr Winterquartier aufzusuchen, verwandelt sich ihre grüne Farbe in braune, ohne dass die Haut abgestreift wird. Nach der Überwinterung tritt, sobald die Nahrungsaufnahme begonnen hat, wieder Umfärbung in Grün ein. Präparierte Falter und leere Puppenhüllen werden zur Vervollständigung des Bildes ebenfalls vorgewiesen. Die schöne Art ist zwischen Gehren und Dübendorf in manchen Jahren nicht selten.

2. Drei Überwinterungsgehäuse mit lebenden Raupen des grossen Eisvogels (*Limenitis populi* L.). Die kleine Raupe fertigt sich aus einem Blattabschnitt durch Zusammenspinnen eine sehr haltbare, an dem einen Ende geschlossene und hier an dem Pappelreis festgesponnene Düte, in welchem sie den ganzen Winter über ruht. Unsere Meisenarten gehen diesen Überwinterungsgehäusen so eifrig nach, dass man gegen das Frühjahr hin über 50% derselben ausgefressen findet. Auch hier werden zur Ergänzung ein Falterpaar und eine erwachsene Raupe in präpariertem Zustande, sowie eine Puppenhülle in ihrer natürlichen Stellung im Blatt demonstriert. Der herrliche Falter ist an den Hängen des Ütliberges nicht selten.

In der Puppenphase:

Zwei Cocons mit lebenden Puppen der eigenartigen *Hoplitis milhauseri* F. Die Raupe nagt zur Verpuppung kleine Teile der Rinde ab und fertigt aus diesen Bruchstücken unter Zusatz des Inhaltes ihrer Spinndrüsen ein von der Rinde schwer zu unterscheidendes Schutzgehäuse. Noch schwieriger ist dasselbe aufzufinden, wenn zu seiner Bekleidung reichlich Flechten verwendet wurden, wie die vorliegenden Objekte beweisen. Interessant ist das Öffnen dieses Cocons beim Ausschlüpfen des Falters. Die Puppe trägt zwischen den Augenhüllen auf der Stirn einen spitzen Dorn, daher der Name „*Hoplitis*“ „die Bewaffnete“. Mit diesem Dorn sticht sie Loch neben Loch bohrend ein ovales Stück aus dem Cocon aus, bis dieses von dem nachdrängenden Falter abgesprengt werden kann, und dieser herauszuschlüpfen und seine Flügel zu entfalten vermag. Der Dorn, ein Cocon mit abgesprengtem, ovalem Deckel und ein Paar präparierter Falter in natura vorgeführt, vervollständigen die Demonstration dieser Art, welche ihrem Nährbaum, der Eiche, überall folgt, bei Zürich indes als Seltenheit.

In der Imaginalform:

1. Der kleine schneeweisse Wickler, *Acalla niveana* F., überwintert frei an den weissen Flächen der Birkenstämme sitzend, von deren Blättern sich die Raupe ernährte. Er ist, wie der Augenschein lehrt, an seinen Schlafstätten durch dieses Kleid gut geschützt.

2. Noch besser entzieht sich dem Auge ihrer Verfolger eine zierliche, flechtengrüne Art, *Acalla literana* L., welche auf gleichfarbigen Flechten an der Rinde älterer Eichen überwintert, in deren Laub die Raupe eingesponnen lebte. Die täuschende Ähnlichkeit des schlafenden Falters mit dem Flechtenpolster wird dadurch wesentlich erhöht, dass der Falter auf seinen grünlichen Oberflügeln zahlreiche Gruppen rauh abstehender Schuppen trägt.

Die Originale der vorgewiesenen beiden Wicklerarten wurden in dem Walde zwischen Sonnenberg und Degenried an Birken- und Eichenstämmen Anfang Dezember verflossenen Jahres gesammelt.

Weitergetrieben als bei unserer *Acalla literana* L. ist die Flechtenähnlichkeit bei einem Rüsselkäfer von Madagaskar, dem *Lithinus hildebrandti*, der

als Imago an einer Parmelia weidet, einer auch bei uns häufigen Flechtengattung. Der Käfer ahmt nicht nur die Färbung der bewohnten Parmelia, sondern auch die eigenartigen Haftfasern dieser Flechten in seiner Körperbekleidung täuschend nach.

Eine Vergleichung der auf oder zwischen den grünen Eichenflechten ihren Winterschlaf haltenden *Acalla literana* L. mit dem in der *Parmelia* ruhend vorgeführten *Lithinus hildebrandti* dürfte dartun, dass wir in unserem einheimischen Insektenleben Momente besitzen, welche jenem viel bestaunten Falle aus der Tropenwelt recht nahe kommen.

Von den beiden Springschwanzarten abgesehen, fallen die bisher aus dem Winterleben unserer Insektenfauna vorgeführten Bilder unter die Erscheinungen, welche Kirby und Spence zum ersten Male 1816 (cfr. Introductory letters to Entomology I, p. 65) als Mimicry, wörtlich etwa „Nachäfferei" bedeutend, bezeichnet haben. Sie verstanden darunter die schützende Ähnlichkeit ruhender Tiere mit anorganischen oder pflanzlichen Gegenständen ihrer Umgebung.

II. Besonders eigenartige Fälle von Mimicry.

Bei H. W. Bates (cfr. Trans. Linn. Soc. XXIII 1861, p. 502) bedeutet „Mimicry" lediglich: die äussere Ähnlichkeit, also in Grösse, Form und Färbung, zwischen nicht, oder doch sicher nicht nahe verwandten Tieren, welche sich gleichzeitig und an gleichem Orte finden.

Die häufigste Form der Mimicry — wir können hier auf den vielseitigen Gegenstand nicht näher eingehen — pflegt die zu sein: dass eine von Natur aus geschützte Art, geschützt durch grosse Körperhärte, oder Widrigkeit des Geschmackes, oder durch Wehrhaftigkeit, z. B. einen Giftstachel, nachgeahmt wird durch wehrlose Arten, die einen Schutz durch dieses Nachahmen geniessen. Man bezeichnet die geschützten Arten als „Modelle", die Nachahmer als „mimetische Arten".

Eine Familie, welche besonders viel Modelle stellt, ist die der Danaiden, in der tropischen und subtropischen, teilweise auch noch in der gemässigten Zone des Erdballes in einer grossen Menge von Arten weit verbreitet. Sie ist durch widrigen Geschmack den Insektenfressern, also Reptilien und Vögeln, gegenüber gut geschützt.

Vorgelegt werden einige Fälle von Mimicry aus dem afrikanischen Faunengebiet. Als Modelle: 1. *Amauris niavius* L. von der Goldküste; 2. *Danais chrysippus* L. von Natal, eine in Afrika und Asien überaus weitverbreitete Art; 3. *Amauris albimaculata* Btlr. aus dem Delagoa-Gebiet, aber auch anderweitig in Süd- und Ostafrika auftretend.

Diese drei Danaiden-Spezies werden nachgeahmt von Arten der Gattung *Hypolimnas*: Mit *Am. niavius* findet sich zusammen an der Goldküste *Hypolimnas anthedon* Doubl. Mit *Danais chrysippus* in Natal — übrigens auch noch in vielen anderen seiner Fluggebiete — kommt gleichzeitig vor *Hypolimnas misippus* L., aber nur das Weibchen ist mimetisch, das Männchen nicht. Unter *Amauris albimaculata* endlich tritt im Delagoa-Gebiet und anderweitig in Südostafrika auf: *Hypolimnas mima* Trim. Viel eigenartiger ist die folgende, ebenfalls hieher gehörende, demonstrierte, mimetische Reihe: Eine *Papilio*-Art, also ein Verwandter unseres Schwalbenschwanzes und Segelvogels, der *Papilio dardanus* Brown (*merope* Cram.) findet sich in Afrika in weitester Verbreitung. Die männlichen Individuen dieser Spezies nun sind dem typischen Gepräge der Gattung *Papilio* im allgemeinen treu geblieben und zeigen in den verschiedenen Gebieten der Verbreitung der Art keine weitgehenden Unterschiede

von einander. Die weiblichen Individuen hingegen haben sich von dem *Papilio*-Habitus greifbar entfernt und haben zudem in ihrem Farbenkleid stark von einander verschiedene Rassen gebildet. Die Mehrzahl dieser Weibchenformen ahmt *Danaiden* und *Acraeiden*, letztere eine ebenfalls durch widrigen Geschmack geschützte Falterfamilie, in verblüffender Weise nach.

So gleichen z. B. die Weibchen von der Goldküste in weitgehendem Masse der *Amauris niavius*; manche Weibchen von Natal dem *Danais chrysippus*, und die Weibchen aus dem Delagoa-Gebiet vielfach der *Amauris albimaculata*, wie die vorgelegten Objekte beweisen.

Die Weibchen der Gattung *Papilio* besitzen in ihren Keimdrüsen 150 bis etwa 250 Eier. Diese werden sämtlich einzeln abgelegt. Die Weibchen müssen also während ihrer kurzen Lebensdauer sehr oft absitzen, wobei sie, durch ihre Grösse weithin sichtbar, den Insektenfressern gegenüber stets gefährdet sind. Die männlichen Individuen hingegen führen im allgemeinen ein fröhliches Vagabundenleben und können daher jederzeit sehr auf ihrer Hut vor etwaigen Feinden sein. Während der Paarungen aber, deren das Männchen wohl höchstens drei vollzieht, pflegt es mit dem Weibchen in dichter Vegetation verborgen zu ruhen. Sicher kommen die *Papilio*-Arten während der Paarung selbst dem sorgfältigen Beobachter selten zu Gesicht. So mag das Männchen des *Papilio dardanus* eines besonderen Schutzkleides entraten können, während den Weibchen ihr je nach Bedürfnis wechselndes, mimetisches Gewand beste Dienste leistet.

Vielleicht hängt die ganz besonders ausgedehnte Verbreitung gerade dieser Art in dem afrikanischen Faunengebiet mit der weitgehenden Modifikationsfähigkeit ihrer weiblichen Individuen auf das engste zusammen.

Dergleichen Umgestaltungen von Faltern im Sinne einer Annäherung an geschützte Arten dürften vielleicht auf die Einwirkung gewisser Faktoren der Aussenwelt zurückzuführen sein. Durch diese Einwirkung wurde eine individuelle Variabilität der Falter hervorgerufen, in welche die natürliche Zuchtwahl sichtend eingreifen konnte.

Inwieweit z. B. ein Faktor, „die Temperatur", das Falterkleid umzugestalten vermag, ist durch umfassende Experimente festgestellt worden, auch nachgewiesen worden, dass die durch das Temperatur-Experiment aufgeprägten Neubildungen auf einen Teil der Nachkommenschaft durch Vererbung übertragen werden.

Die von einigen Arten demonstrierten extremen Ergebnisse der Temperatur-Experimente zeigen klar, dass durch dieselben nicht nur die Zeichnungs-Elemente des Falterkleides vergrössert, bis zu völligem Erlöschen verkleinert, wesentlich umgeformt, in ihrer Lage zu einander verschoben, ja dass sogar ganz neue Zeichnungs-Elemente erzeugt werden können, sondern dass durch dieselben auch die Flügelform bisweilen wesentlich umgestaltet wird.

Darnach dürften die wunderlichen Erscheinungen der Mimicry durch die Ergebnisse der Temperatur-Experimente dem Verständnis etwas näher gebracht werden können.

III. Die springenden Bohnen.

Der Demonstrierende verdankt das vorgelegte Material der Güte seines verehrten Herrn Kollegen Prof. Dr. H. Schinz und des Herrn Sekundarlehrer Meister. In den springenden Bohnen handelt es sich um die Teilfrüchte eines mexikanischen Wolfsmilchgewächses. Zum Springen werden die Teilfrüchte gebracht durch die stets wiederholten, schnellenden Bewegungen einer

darin befindlichen madenartigen Raupe eines Kleinschmetterlings, der *Carpocapsa saltitans* Westwd., welche sich von dem Kern ernährte. Ist die von einer Made bewohnte Teilfrucht, notreif, zur Erde gefallen, so wird sie hier infolge des sonnigen Standortes des in Frage kommenden Wolfsmilchgewächses häufig an einen stark besonnten Punkt geraten. Die bewohnende Made würde da rettungslos vertrocknen müssen, denn sie verharrt mehrere Monate im Raupenstadium bis sie zur Puppe wird. So hat sie sich die Fähigkeit angeeignet, durch schnellende Bewegungen die bewohnte Teilfrucht überzuführen aus einer für die Erhaltung der Art ungünstigen in eine für diese Erhaltung günstigere Lage, und zwar vermag sie dies viele Wochen hindurch nötigenfalls wieder und wieder zu tun. Um einen Begriff von dem Aussehen der Made und des Falters der *Carpocapsa saltitans* zu geben, wird die verwandte *Carpocapsa reaumurana* Hein. aus dem Tessin in Larven- und Imaginalform, nebst Frassobjekten der von ihr bewohnten Esskastanie zur Anschauung gebracht. „Mutatis mutandis" können übrigens auch wir in unserer Insektenfauna von springenden Bohnen reden. Wir haben Schlupfwespen-Arten, deren Cocons zu hüpfen vermögen. Auch hier ruht die Larve mehrere Monate unverwandelt in ihrem Cocon und, da sie in ganz besonders sonneliebenden Raupen schmarotzt, so gerät der Cocon (das Einspinnen der Made erfolgt ausserhalb der bewohnten Raupe an einem kurzen von der Made gesponnenen Faden, der bald bricht) beim Herabfallen zur Erde ebenso leicht an der Sonne stark ausgesetzte Stellen. Die Larve müsste daher bald vertrocknen, wenn sie nicht durch den zum Hüpfen gebrachten Cocon kühlere, geschütztere Punkte zu erreichen vermöchte. Schlupfwespe und Cocon werden vorgelegt.

IV. Ein Monstrum des Frostspanners vom Zürichberg.

Man rechnet in der Insektenwelt auf etwa 40000 Individuen ein gynandromorphes. Besonders selten sind unter den letzteren wieder solche Exemplare, bei denen die eine Hälfte rein männlich, die andere rein weiblich ist. Ein solches Monstrum fand der Sohn des Demonstrierenden in tadellosem Zustande am 5. November letzten Jahres in dem Walde zwischen Sonnenberg und Degenried von dem bekannten, schädlichen Frostspanner. Die linke Hälfte dieses Falters ist in Fühler, Füssen, Flügeln und Körper rein männlich, die rechte Hälfte ebenso durchweg rein weiblich. Mit dem Monstrum werden lebende Eier, präparierte Raupen, ein Falterpaar und Puppencocon mit leerer Puppenhülle demonstriert. (Autoreferat.)

e) Prof. Dr. A. Ernst demonstriert mit dem Leitz'schen Apparat einige mikroskopische Präparate und selbstverfertigte z. T. autochrome Mikrophotographien derselben und weist dabei auf die verschiedene Leistungsfähigkeit der direkten Mikroprojektion und der Projektion mikrophotographischer Diapositive hin.

(Schluss der Sitzung ½11 Uhr.)

Bibliotheksbericht von 1911.

Der Bibliothek sind vom 15. Dezember 1910 bis zum 15. Dezember 1911 nachstehende Schriften zugegangen:

A. Geschenke.

Von Herrn G. Claraz, Lugano:

Revue scientifique, Paris, 5e série, 1910, 2e sémestre, nos. 16, 18—27; 1911, 1er sémestre, nos. 1—25; 2e sémestre, nos. 1—9, 11—13, 15—18.

M. Robertson: Histoire de l'Amérique. Traduite de l'anglois. Tomes I—IV. 2e édition. Paris, 1780.

Schweizer. Archiv für Volkskunde. Bd. I—XIV, XV, Heft 1—3. Zürich, Basel, 1897—1911.

Franz Kuenlin: Historisch-romantische Schilderungen aus der welschen Schweiz. Bd. I, III—IV. Zürich, 1840.

Von der Verlagsbuchhandlung Engelmann, Leipzig:

(für den † Herrn Geh.-Rat Prof. Dr. Alb. v. Kœlliker, Würzburg)

Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, Bd. XCVI, Heft 4; XCVII—XCVIII.

Von Herrn Prof. Dr. J. Heuscher, Zürich V:

Schweizer. Fischereizeitung 1910, Bd. XVIII, No. 11—12; 1911, Bd. XIX, No. 1—10.

Von Herrn N. Lebedinsky, Zürich V:

Hans Schinz und Robert Keller: Flora der Schweiz. Zum Gebrauche auf Exkursionen, in Schulen und beim Selbstunterricht. I. Teil: Exkursionsflora. 2. Auflage. Zürich, 1905.

Über den Rest der Epiphysenscheiben im Epistropheus der jungen Säugetiere, von N. G. Lebedinsky. SA. Jena, 1911.

Von Herrn Konderef, Villa Beauregard, Quai du Léman, Genève:

L'aplanétisme des surfaces et des lentilles élliptiques et hyperboliques. Genève, 1910.

Von Herrn Dr. Henri Ziegler, Schloss Kefikon (Thurgau):

Die Struktur der Materie und das Welträtsel. Bern, 1908.

La vérité absolue et les vérités relatives. Solution des problèmes de la Radioactivité et de l'électricité. Mémoire. Genève, 1910.

Von Herrn Direktor Prof. Dr. Müller-Thurgau, Wädenswil:

Die Ansteckung der Weinrebe durch Plasmopara (Peronospora) viticola. 2. Mitteilung. SA. Frauenfeld, 1911.

Bericht der Schweiz. Versuchsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau in Wädenswil 1907—08. SA. Bern, 1910.

Infektion der Weinrebe durch Plasmopara viticola. SA. Jena, 1911.

Von Herrn Prof. Dr. Otto Schlaginhaufen, Zürich:

Ein anthropologischer Querschnitt im Südosten von Neu-Mecklenburg. SA. Braunschweig, 1910.

Von Herrn Prof. Dr. A. Wolfer, Sternwarte, Zürich:

Astronomische Mitteilungen No. CI. Zürich, 1911.

Procès-verbal, 57e séance de la Commission géodésique suisse, Berne, 1911. Neuchâtel, 1911.

Von der Pestalozzigesellschaft in Zürich:

13 verschiedene Werke und kleinere Schriften naturwissenschaftlichen Inhalts (Dubletten).

Von Herrn Erminio Ferraris in Monteponi (Sardinien):

Apparecchi di preparatione meccanica per minerali in uso in Sardegna. Iglesias, 1909.

The mechanical preparation of Ores in Sardinia. SA. o O., 1908.

Die mechanische Aufbereitung der Erze in Sardinien. SA. Wien, 1909.

La miniera di Monteponi presso Iglesias. SA. Roma, 1907.

Magnetische Erzaufbereitung von Monteponi. SA. Wien, 1909.

Laverie magnetiche di Monteponi. SA. Iglesias, 1910.

Von Herrn G. Henriksen, Minde, Bergen:

Geological notes by G. H. Christiania, 1910.

Von Herrn Prof. Dr. Arnold Lang, Zürich IV:

Agricultural Gazette of New South Wales, Vol. XXI, 1910.

Von Herrn Dr. S. Stocker-Steiner, Luzern:

Ein altes Luzerner Heilmittel. Beitrag zur Geschichte der Therapie. Vortrag. SA. Luzern, 1911.

Von Herrn Dr. Paul Choffat, Landesgeolog, Lissabon:

Deux précurseurs de la Commission géologique du Portugal. SA. Lisbonne, 1910.

Von Herrn A. Sieber, Ingenieur, Zürich:

Der sogen. grosse Fermat'sche Lehrsatz (das „letzte Theorem" von Fermat) in elementar-zahlentheoret. Behandlung. Von einem Autodidakten. Zürich, 1911.

Von der Gesellschaft m. b. H. Classen & Co., Berlin W 30/154:

Die geschichtliche Entwicklung der Technik des Lötens. Eine Studie von Franz M. Feldhaus, Ingenieur. Berlin, 1911.

Von Herrn Dr. med. W. v. Muralt, Zürich I:

Camille Barbey: Les locomotives suisses. Genève, 1896.

Von Herrn Prof. Dr. F. Rudio, Zürich V:

Leonhardi Euleri opera omnia, Series I, opera mathematica, vol. I: Vorwort zur Gesamtausgabe der Werke von Leonhard Euler, von Ferd. Rudio; Lobrede auf Herrn Leonhard Euler von Nicol. Fuss. Leipzig, Berlin, 1911.

Von Herrn T. J. J. See, Naval Observatory, Mare Island, California:

Researches on the evolution of the stellar systems. By T. J. J. See. Vol. II. Lynn (Mass.), 1910.

Von der Stadtbibliothek Zürich:

43 Dissertationen naturwissenschaftlichen Inhalts der Universität Bern aus den Jahren 1910—11.

Von Herrn Aram Akulian, cand. phil., Bethanien bei Albisrieden:

Rich. Pocockes: Beschreibung des Morgenlandes und einiger anderer Länder. 3 Teile. Aus dem Englischen von Christian Ernst v. Windheim. Erlangen, 1754–1755.

B. Im Tausch gegen die Vierteljahrsschrift.

a) Schweiz.

Bern. Schweiz. naturforsch. Gesellschaft. Verhandlungen, Bd. 93, 1910, Teil 1–2; Geologische Kommission: Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz, neue Folge, Lfg. XX, Teil 1, Text und Tafeln; Lfg. XXIII, Teil 1–2; XXV; XXIX; XXXIII; Beiträge zur Geologie der Schweiz, geotechnische Serie, Spezialkarte, Blatt 55, 59.

Bern. Eidgen. Oberbauinspektorat, hydrometrische Abteilung, graphische Darstellung der schweizer. hydrometrischen Beobachtungen 1909; Wasserverhältnisse der Schweiz, Aaregebiet von den Quellen bis zum Bielersee, Teil 1.

Bern. Naturforschende Gesellschaft Bern, Mitteilungen, 1910, No. 1740–1769.

Bern. Schweizer. botanische Gesellschaft, Beiträge zur Kryptogamenflora der Schweiz, Bd. III, Heft 2.

Fribourg. Société fribourg. des sciences naturelles, Comptes-rendus 1909/10; Mémoires: Géologie et Géographie, vol. VII; Zoologie, vol. I, No. 1; Bulletin, vol. XVIII.

Genève. Société de physique et d'histoire naturelle, Mémoires, vol. XXXVI, No. 4; XXXVII, No. 1–2; Compte-rendu des séances 1910, vol. XXVII.

Lausanne. Société vaudoise des sciences naturelles, Bulletin, 5e série, vol. XLVI, No. 171; XLVII, No. 172–173.

Lugano. Società ticinese di scienze naturali, Bollettino, anno VI.

Neuchâtel. Société neuchâteloise des sciences naturelles, Bulletin, t. XXXVII, 1909–10.

Neuchâtel. Société neuchâteloise de géographie, Bulletin, vol. XX, 1909–10.

St. Gallen. Naturwissenschaftliche Gesellschaft, Jahrbuch 1910.

Schaffhausen. Schweizerische entomologische Gesellschaft, Mitteilungen, Bd. XII, Heft 2.

Sion. Société valaisanne des sciences naturelles, Bulletin de la Murithienne, No. 7–15, 19–32, 34–35.

Winterthur. Stadtbibliothek, Neujahrsblatt 1911.

Winterthur. Naturforschende Gesellschaft, Mitteilungen, Heft VIII, 1909–10.

Zürich. Schweizer. Ingenieur- und Architektenverein, Schweizer. Bauzeitung 1910, Bd. LVI., No. 22–27; 1911, Bd. LVII, No. 1-25; Bd. LVIII, No. 1–21.

Zürich. Zuwachsverzeichnis der zürcher. Bibliotheken, 1910, Jahrgang XIV, No. 2–4; 1911, Jahrgang XV, No. 1.

Zürich. Stadtbibliothek, Jahresbericht 1910.

Zürich. Schweizer. meteorologische Zentralanstalt, Annalen 1909, Jahrg. XLVI.

Zürich. Physikalische Gesellschaft, Mitteilungen, 1911, No. 16.

Zürich. Museumsgesellschaft, Jahresbericht LXXVII, 1910 und Beilage.

Zürich. Zentralkatalog, Jahresbericht No. 1–3, 1899–1901; 6–7, 1904–1905; 12, 1910.

Zürich. Schweizer. Zentralanstalt f. d. forstliche Versuchswesen, Mitteilungen, Bd. X, Heft 2.

Zürich. Schweizer. Landesmuseum, Jahresbericht No. XIX, 1910.

b) Deutschland.

Augsburg. Naturwissenschaftlicher Verein für Schwaben und Neuburg, Bericht, Heft XXXIX—XL, 1911.

Bamberg. Naturforsch. Gesellschaft, Bericht, Heft XXI = Festbericht 1834—1909,

Berlin. Deutsche chemische Gesellschaft, Berichte, Jahrgg. XLIII, No. 16—19; XLIV, No. 1—15.

Berlin. Gesellschaft naturforschender Freunde, Sitzungsberichte 1910, No. 7—10; 1911, No. 1—7.

Berlin. Deutsche geolog. Gesellschaft, Zeitschrift: A. Abhandlungen, Bd. LXII, Heft 4; B. Monatsberichte, 1911, No. 1—6.

Berlin. Kgl. preuss. Akademie der Wissenschaften, Sitzungsberichte 1910, No. 40—54; 1911, No. 1—38.

Berlin. Botanischer Verein der Provinz Brandenburg, Verhandlungen, Jahrgg. LII, 1910 und Register zu Bd. XXXI—XL.

Berlin. K. preussische geologische Landesanstalt, Jahrbuch, Bd. XXVIII, 1907; XXIX, 1908, Teil 1; XXXI, 1910, Teil 1, Heft 1—2; Teil 2, Heft 1—2.

Berlin. K. preuss. meteorolog. Institut, Veröffentlichungen: Ergebnisse an den Stationen 2. u. 3. Ordnung, 1906, 1907; Ergebnisse der Niederschlagsbeobachtungen 1909; Bericht über die Tätigkeit 1910; Abhandlungen, Bd. IV, No. 1—4; Regenkarte der Provinz Ostpreussen; Ergebnisse der Gewitterbeobachtungen 1908—09.

Berlin. Preuss. Landesanstalt für Gewässerkunde, Jahrbuch: Abflussjahr 1902, Heft 1—6 und Allgemeiner Teil; 1903, Heft 1—6 und Allgemeiner Teil; 1904, Heft 1—6 und Allgemeiner Teil; 1905, Heft 1—6 und Allgemeiner Teil; 1906, Heft 1—6 und Allgemeiner Teil; 1907, Heft 1—6 und Allgemeiner Teil; 1908, Heft 1—6 und Allgemeiner Teil; 1909, Heft 1—6 und Allgemeiner Teil; Jahrbuch: Besondere Mitteilungen, Bd. I, Heft 2; II, Heft 1—2.

Berlin. Naturwissenschaftlicher Verein für Neu-Vorpommern und Rügen in Greifswald, Mitteilungen, Jahrgg. XLII, 1910.

Berlin. Naturwissenschaftlicher Verein für den Reg.-Bezirk Frankfurt a. Oder, Helios, Bd. XXVI.

Bonn. Naturhistorischer Verein der preussischen Rheinlande und Westphalens, Verhandlungen, 1909, 2. Hälfte; 1910, 1. Hälfte; Sitzungsberichte 1909, 2. Hälfte; 1910, 1. Hälfte.

Bremen. Naturwissenschaftlicher Verein, Abhandlungen, Bd. XX, 2. Heft

Bremen. Deutsches meteorologisches Jahrbuch für 1910, Jahrgg. XXI u. Beil.

Breslau. Schlesische Gesellschaft für vaterländische Kultur, Jahresbericht Bd. LXXXVII, 1909.

Colmar. Naturhistorische Gesellschaft, Mitteilungen, neue Folge, Bd. X, 1909-10, und Beilage.

Darmstadt. Verein für Erdkunde und geologische Landesanstalt, Notizblatt, 4. Folge, Heft XXXI, 1910.

Dresden. Naturwissenschaftliche Gesellschaft „Isis", Sitzungsberichte und Abhandlungen, 1910, Juli-Dezember; 1911, Januar-Juni.

Dresden. „Flora", kgl. sächs. Gesellschaft für Botanik und Gartenbau, Abhandlungen, neue Folge, Bd. XV, 1910—11.

Dresden. Verein für Erdkunde, Mitteilungen, Bd. II, Heft 1 und Beilage.

Dresden. Gesellschaft für Natur- und Heilkunde, Jahresbericht 1910—11.

Düsseldorf. Naturwissenschaftl. Verein, Mitteilungen: Festschrift 1909.

Emden. Naturforschende Gesellschaft, Jahresbericht 94, 1908—09.
Erlangen. Physikal.-medizinische Societät, Sitzungsberichte, Bd. XLII, 1910.
Frankfurt a. M. Senckenbergsche naturforschende Gesellschaft, Abhandlungen, Bd. XXXI, Heft 1; XXXIII, Heft 1—3; Bericht, Heft XLI, No. 3—4.
Frankfurt a. M. Physikalischer Verein, Jahresbericht 1909—10.
Freiburg i. B. Naturforsch. Gesellschaft, Berichte, Bd. XVIII, No. 2.
Görlitz. Naturforschende Gesellschaft, Abhandlungen, Bd. XXVII, 1911 (Jubiläumsband).
Göttingen. K. Gesellschaft der Wissenschaften, Nachrichten, mathemat.-naturwissenschaftliche Klasse, 1910, Heft 5—6; 1911, Heft 1—3; Geschäftliche Mitteilungen 1910, Heft 2; 1911, Heft 1.
Göttingen. Kgl. Sternwarte, Astronom. Mitteilungen, No. 7—14.
Greifswald. Geographische Gesellschaft, Jahresbericht, Bd. XII, 1909—10.
Halle. Sächs.-thüring. Verein für Erdkunde, Mitteilungen, Jahrgg. XXXV, 1911.
Halle. Kaiserl. Leopoldinisch-Carolin. deutsche Akademie der Naturforscher, Leopoldina, Heft XLVI, No. 11—12; XLVII, No. 1—10; Nova Acta, t. XCII; XCIII.
Hamburg. Naturhistorisches Museum, Mitteilungen, Bd. XXVII, 1909.
Hamburg. Mathematische Gesellschaft, Mitteilungen, Bd. V, Heft 1.
Hamburg. Naturwissenschaftlicher Verein, Abhandlungen, Bd. XIX, Heft 3—5; Verhandlungen, 3. Folge, 1909, Bd. XVII; 1910, Bd. XVIII.
Hamburg. Verein für naturwissenschaftl. Unterhaltung, Verhandlungen, Bd. XIV, 1907—09.
Heidelberg. Naturhistor.-Medizin. Verein, Verhandlungen, neue Folge, Bd. XI, Heft 1—2.
Hirschberg i. Schl. Deutscher und österreichischer Riesengebirgs-Verein, Der Wanderer im Riesengebirge, No. 338—348.
Karlsruhe. Kaiserl. Universitäts-Sternwarte in Strassburg, Annalen, Bd. IV, Teil 1.
Karlsruhe. Naturwissenschaftlicher Verein, Verhandlungen, Bd. XXIII, 1909—10.
Kiel. Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere und der biologischen Anstalt auf Helgoland, Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, Abteil. Helgoland, neue Folge, Bd. X, Heft 1; Abteil. Kiel, neue Folge, Bd. XII—XIII.
Königsberg. Physikal.-ökonom. Gesellschaft, Schriften, Bd. XLVIII, Heft 1—3; L; LI; Generalregister zu Bd. XXVI—L.
Landshut. Naturwissenschaftl. (botanischer) Verein, Bericht 1907—10.
Leipzig. Kgl. sächsische Gesellschaft der Wissenschaften, Mathemat.-physikal. Klasse, Abhandlungen, Bd. XXXII, No. 2; Berichte über die Verhandlungen 1910, No. 2—7; 1911, No. 1—3.
Leipzig. Naturforsch. Gesellschaft, Sitzungsberichte, Jahrgg. XXXVI, 1909.
Leipzig. Gesellschaft für Erdkunde, Mitteilungen 1910; Veröffentlichung., Bd. VII.
Lüneburg. Naturwissenschaftl. Verein, Jahreshefte, Bd. XVIII, 1908—10.
München. Bayer. botan. Gesellschaft, Berichte, Bd. XII, Heft 2; Mitteilungen, Bd. II, No. 15—18.
München. K. bayer. Akademie der Wissenschaften, Mathemat.-naturwiss. Klasse, Abhandlung., Bd. XXV, No. 5; Supplement, Bd. II, No. 3—4; Sitzungsberichte 1910, Heft 10—16.
München. Gesellschaft für Morphologie und Physiologie, Sitzungsberichte, Bd. XXVI, 1910.
München. Ornithologische Gesellschaft in Bayern, Verhandlungen, 1909, Bd. X.

München. Hydrotechnisches Bureau, Abteilung der obersten Baubehörde, Jahrbuch (zugleich Jahresbericht), 1910, Heft 1.

Münster. Westfäl. Provinzialverein für Wissenschaft und Kunst, Jahresbericht, Bd. XXXVIII, 1909—10.

Mulhouse. Société industrielle, Jahresbericht 1910; Bulletin, 1910, August-Oktober und Supplement, November; 1911, August-September; Procès-verbaux 1910, pag. 159—244; 1911, pag. 15—50; Preisaufgaben für 1912.

Osnabrück. Naturwissenschaftlicher Verein, Jahresbericht, Bd. XVII, 1907—10.

Posen. Naturwissenschaftlicher Verein der Provinz Posen (Deutsche Gesellschaft für Kunst und Wissenschaft), Zeitschrift der botanischen Abt., Jahrgg. XVI, Heft 6; XVII, Heft 1—2; XVIII, Heft 1.

Potsdam. Astrophysikalisches Observatorium, Publikationen No. 62, Bd. XXI; 63, XXII, No. 1.

Rostock. Naturforschende Gesellschaft, Sitzungsberichte und Abhandlungen, neue Folge, Bd. II.

Stettin. Entomologischer Verein, Entomologische Zeitung, Jahrgg. LXXII, Heft 2.

Strassburg. Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften, des Ackerbaues und der Künste im Unter-Elsass, Monatsbericht, Bd. XLIV, 1910, No. 4—5; XLV, 1910, No. 1—2.

Strassburg. Geologische Landesanstalt von Elsass-Lothringen, Mitteilungen, Bd. VII, Heft 3—4.

Stuttgart. Naturwissenschaftl. Verein für Sachsen u. Thüringen, Zeitschrift für Naturwissenschaften, Bd. LXXXI, No. 5—6; LXXXII, No. 1—5.

Stuttgart. Verein für vaterländische Naturkunde, Jahreshefte, Jahrg. LXVII, 1911, und Beilage.

Thorn. Coppernicus-Verein für Wissenschaft und Kunst, Mitteilungen, Heft XVIII.

Wiesbaden. Nassauischer Verein für Naturkunde, Jahrbücher, Jahrgg. LXIII.

Würzburg. Physikal.-Medizin. Gesellschaft, Sitzungsberichte, 1910, No. 1—5; 1911, No. 1—2.

Zwickau. Verein für Naturkunde, Jahresbericht 1904—05; 1906—09.

c) *Österreich.*

Bielitz-Biala. Beskiden-Verein, Mitteilungen, Jahrgg. VII, No. 6; VIII, No. 1—5.

Brünn. Naturforsch. Verein, Verhandlungen, Bd. XLVIII, 1909; Meteorologische Kommission, Bericht, No. XXVI, 1906.

Brünn. Mährische Museumsgesellschaft, Mährisches Landesmuseum, Zeitschrift, Bd. X, Heft 2; XI, Heft 1—2.

Graz. Naturwissenschaftl. Verein für Steiermark, Mitteilungen, Bd. XLVII, 1910, Heft 1—2.

Innsbruck. Ferdinandeum für Tirol und Vorarlberg, Zeitschrift, 3. Folge, Heft LV.

Innsbruck. Naturwissensch-medizin. Verein, Berichte, Jahrgg. XXXII, 1908—10

Klagenfurt. Naturhistor. Landesmuseum von Kärnten, Carinthia, 1910, No. 5—6; 1911, No. 1—4; Register zu 1811—1910.

Krakau. Akademie der Wissenschaften, Anzeiger, 1910, No. 7 B und Beilage 8 A u. B, 9 A u. B, 10 A u. B; 1911, No. 1 A u. B, 2 A u. B, 3 A u. B, 4 A u. B, 5 A u. B, 6 A u. B, 7 A u. B.

Lwow. (Léopol, Galizien). Société polonaise pour l'avancement des sciences, Bulletin, vol. X, 1910.

Prag. K. böhm. Gesellschaft der Wissenschaften, mathemat.-naturwissenschaftl. Klasse, Sitzungsberichte 1909—10; Jahresbericht 1909—10.

Prag. K. böhm. Franz-Josef Akademie der Wissenschaften, Literatur und Kunst, Rozpravy, Trida II, Rocnik XIX, 1910; Bulletin international, Sciences mathémat. et naturelles, vol. XV, 1910.

Prag. Deutscher naturwissensch.-medizin. Verein für Böhmen, „Lotos", „Lotos", neue Folge, Bd. LVIII, 1910, No. 1—10.

Prag. Deutscher polytechnischer Verein in Böhmen, Technische Blätter, Jahrgang XLII, No. 4; XLIII, No. 1—2.

Reichenberg. Verein der Naturfreunde, Mitteilungen, Jahrgg. XL.

Rovereto. J. R. Accademia di Scienze, Lettere ed Arti degli Agiati, Atti, Seria III, vol. XVI, fasc. 3—4; XVII, fasc. 1—2.

Trient. Tridentum, Rivista mensile, Annata XII, No. 9—10; XIII, No. 1—9.

Wien. K. K. geolog. Reichsanstalt, Abhandlungen, Bd. XVI, Heft 3; XX, Heft 3; XXI, Heft 2; XXII, Heft 1; Jahrbuch 1910, Bd. LX, Heft 4; 1911, Bd. LXI, Heft 1—2; Verhandlungen 1910, No. 13—18; 1911, No. 1—11.

Wien. Österr. Touristen-Club, Sektion für Naturkunde, Mitteilungen, Jahrg. XXII.

Wien. Zoologisch-botanische Gesellschaft, Verhandlungen, 1910, Bd. LX.

Wien. K. k. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Jahrbücher 1907, neue Folge, Bd. XLIV; 1908, Bd. XLV und Anhang; Allgemeine Berichte und Chronik über Erdbeben, No. 5.

Wien. Verein für Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse, Schriften, Bd. L, 1909—10 und Festschrift 1860—1910; Bd. LI, 1910—11.

Wien. Naturhistor. Hofmuseum, Annalen, Bd. XXIII, No. 3—4; XXIV, No. 1—4.

Wien. Naturwissenschaftlicher Verein an der Universität, Mitteilungen, 1910, Jahrgg. VIII, No. 1—10.

Wien. Kaiserl. Akademie der Wissenschaften, mathemat.-naturwissenschaftliche Klasse, Sitzungsberichte, Abt. I, Bd. CXIX, Heft 3—10; CXX, Heft 1—4; II a, Bd. CXIX, Heft 5—10; CXX, Heft 1—4; II b, Bd. CXIX, Heft 6—10; CXX, Heft 1—3; III, Bd. CXIX, Heft 1—10; CXX, Heft 1—3; Mitteilungen der Erdbeben-Kommission, No. 38—39.

Wien. Geologische Gesellschaft, Mitteilungen, Bd. III, 1910, Heft 3—4.

d) *Ungarn.*

Budapest. Ungarische geologische Gesellschaft, Zeitschrift, Bd. XL Heft 7—12; XLI, Heft 1—8 und Beilage.

Budapest. Kgl. ungar. geolog. Reichsanstalt, Mitteilungen aus dem Jahrbuch, Bd. XVII, Heft 2; XVIII, Heft 1; XIX, Heft 1 und Beilage; Publikationen 1909: Schafarzik, Detaillierte Mitteilungen über die auf dem Gebiete des ungar. Reiches befindlichen Steinbrüche; Toth, Trinkwässer Ungarns 1911.

Budapest (O'Gyalla). K. ungar. Reichsanstalt für Meteorologie u. Erdmagnetismus und des Zentralobservatoriums in O'Gyalla, Bericht No. IX, 1908; Publikationen 1909, Bd. IX; Jahrbücher 1907, Jahrgg. XXVII, Teil 1—4; 1908, Jahrgg. XXVIII, Teil 1, 4.

Budapest. Musei nationalis hungarici, Annales historico-naturales, 1910, vol. VIII, part. 2; 1911, vol. IX, part. 1.

Trencsin. Naturwissenschaftlicher Verein des Trencsiner Comitates, Jahresbericht 1908—10.

e) *Holland.*

Amsterdam. K. Akademie van Wetenschappen, Proceedings, vol. XIII, part 1—2; Jaarboek 1910; Verslag, Deel XIX, Abt. 1—2; Verhandelingen, 1. Sectie, Deel X, No. 2; XI, No. 1—2; 2. Sectie, Deel XVI, No. 4—5.

Amsterdam. Wiskundig Genootschap, nieuw Archief, 2. Reeks, Deel IX, No. 3—4; Wiskundige Opgaven met de Oplossingen, nieuwe Reeks, Deel X, No. 6.

Amsterdam. Société mathématique, Revue sémestrielle des publications mathématiques, tome XIX, part 1—2.

Haarlem. Musée Teyler, Archives, Série II, vol. XII, part 2.

La Haye. Société hollandaise des Sciences à Harlem, Archives néerlandaises des sciences exactes et naturelles, Série II, tome XV, No. 5; Série III A, tome I, No. 1—2; III B, tome I, No. 1—2; Gerth van Wijk: Dictionary of plant names, part 1—2. Haarlem, 1909—10.

Nijmegen. Nederlandsche botanische Vereeniging, Nederlandsch kruidkundig Archiev, III. Serie (Verslagen en Mededeelingen) 1910; Recueil des travaux botaniques, vol. VIII, No. 1—2.

Utrecht. K. nederlandsch meteorolog. Instituut, Meteorolog. Jaarbœk voor 1909, A u. B; Mededeelingen en Verhandelingen No. 11.

Utrecht. Nederlandsche Vereeniging voor Weer- en Sterrenkunde, Hemel en Dampkring, Jahrgg. VIII, No. 7—12; IX, No. 1—6.

f) Dänemark, Schweden, Norwegen.

Bergen. Bergens Museum, Aarbok 1910, Heft 3; 1911, Heft 1—2; Aarsberetning 1910; Sars, Crustacea, vol. V, Coppepoda, Harpacticoida, part 31—36.

Christiania. Physiografiska Forening, Nyt Magazin for Naturvidenskaberne, Bd. XLIX, No. 1; Gradmessungskommission, Resultater, Heft 6.

Christiania. Videnskabs Selskabet, Forhandlingar 1910; Skrifter, mathemat.-naturwissenschaftl. Klasse 1910.

Kjobnhavn. Danske Videnskabernes Selskabs, Forhandlingar, Oversigt 1910, No. 4—6; 1911, No. 1—3.

Kjobnhavn. Société botanique, Journal, vol. XXX, No. 2—3.

Lund. Acta Universitatis Lundensis, Arskrift, neue Folge, Abt. II, Bd. VI, 1910.

Stavanger. Stavanger Museum, Aarsheft 1910, Bd. XXI.

Stockholm. Académie royale des Sciences de Suède, Arsbok 1910 und Beilage; Handlingar, Bd. XLV, Heft 8—12; XLVI, Heft 1—3 und Beilage; Arkiv: Mathematik, Astronomie und Physik, Bd. VI, Heft 2—3; Kemi, Mineralogi und Geologi, Bd. II, Heft 8, 10; III, Heft 6; IV, Heft 1; Botanik, Bd. IV, Heft 15; V, Heft 11; X, Heft 1; Zoologi, Bd. VII, Heft 1; Festschrift 1910.

Stockholm. Entomologiska Foreningen, Entomologisk Tidskrift 1910, Bd. XXXI, No. 1—4.

Stockholm. Sveriges geologiska Undersökning, Afhandlingar, Serie Ba, No. 6—7; Ca, No. 4, 5, 7; Arsbok 1909.

Stockholm. Kgl. forstliche Versuchsanstalt, Meddelanden, Heft 7.

Stockholm. Svenska botaniska Föreningen, Svensk botanisk Tidskrift, Bd. I—IV; V, Heft 1—2.

Tromsö. Tromsö Museum, Aarsberetning 1909; Aarshefter, Bd. XXXI—XXXII, 1908—09.

Trondjem. K. Norske Videnskabers Selskabs, Skrifter 1909.

Upsala. Universität, Universitets mineralogisk-geologiska Institut, 200jährige Festschrift 1910; Aarskrift 1910; Bibliothek: Linnéskrifter, Abt. I., Bd. V; Jägerskiöld: Results of the Swedish Zoological Expedition to Egypt, part 4.

Upsala. K. Gesellschaft der Wissenschaften, Nova Acta, 4. Serie, vol. II, fasc. 2.

g) Frankreich.

Angers. Société d'études scientifiques, Bulletin, nouv. Série, année XXXIX, 1909.
Autun. Société d'histoire naturelle, Bulletin, vol. XXII, 1909.
Besançon. Société d'émulation du Doubs, Mémoires, 8e Série, tome IV, 1909.
Bordeaux. Société des sciences physiques et naturelles, Mémoires, 6e Série, t. V, No. 1 und Beilage; Procès-verbaux 1909/10.
Bourg. Société des Naturalistes de l'Ain, Bulletin No. 19—28.
Charleville. Société d'histoire naturelle des Ardennes, Bulletin, année XV, 1908.
Clermont-Ferrand. Société des Amis de l'Université de Clermont, Revue d'Auvergne 1910, Mars-Septembre.
Dijon. Académie des Sciences, Arts et Belles-Lettres, Mémoires, 4e Série, tome XI, 1907—10.
Grenoble. Université, Annales, t. XXII, No. 2 und Supplement; 3; XXIII, No. 1.
Lille. Société géologique du Nord. Annales 1909, vol. XXXVIII.
Lyon. Société d'Agriculture, Sciences et Industrie, Annales 1909.
Lyon. Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts, Mémoires (Sciences et Lettres), 3e Série, tome XI, 1911.
Marseille. Faculté des Sciences, Annales, tome XIX
Montbéliard. Société d'émulation, Mémoires, vol. XXXVII—XXXIX.
Montpellier. Académie des Sciences et Lettres, Mémoires de la Section de Médecine, 2e Série, tome III, 1910; Bulletin mensuel 1911, No. 1—8.
Nancy. Société des Sciences, Bulletin des Séances, 3e Série, tome X, fasc. 4; XI, fasc. 1—3.
Nantes. Société des Sciences naturelles de l'Ouest de la France, Bulletin, 2e Série, 1910, vol. X, No. 1—2.
Paris. Société mathématique de France, Bulletin, tome XXXVIII, fasc. 4; XXXIX, fasc. 1—3.
Paris. Société des Jeunes Naturalistes, La Feuille, 4e Série, année XLI, No. 482-492.
Paris. Société de biologie, Comptes-rendus 1910, tome LXIX, No. 33—38; 1911, LXX, No. 1-25; LXXI, No. 26—30.
Paris. Société géologique de France, Bulletin, 4e Série, tome VIII, fasc. 9; IX, fasc. 5—6; X, fasc. 1—8.
Paris. Comité internat. des poids et mesures, Travaux et Mémoires, t. XIV.
Paris. Société scientifique de la France et de la Belgique, Bulletin scientifique, 7e Série, tome XLIV, fasc. 2—4; XLV, fasc. 1.
Paris. Société philomatique, Bulletin, 10e Série, tome II, No. 4—6; III, No. 1.
Rennes. Revue bretonne de botanique pure et appliquée, vol. I—V; VI, fasc. 1—3.
Toulouse. Faculté des Sciences, Annales de l'Université, 2e Série, t. X, fasc. 4; 3e Série, tome I, fasc. 2—4.
Toulouse. Société d'histoire naturelle, Bulletin, t. XLIII, 1910, No. 2.

h) Belgien.

Anvers. Société royale de géographie, Bulletin, tome XXXIV, fasc. 1—2.
Bruxelles. Société belge de microscopie, Annales, tome XXV—XXVI, XXVII, fasc. 1—2; XXVIII, fasc. 1—2; Bulletin, vol. XXV, 1898—99.
Bruxelles. Académie royale de Belgique, Annuaire 1911; Bulletin de la Classe des Sciences 1910, No. 7—12; 1911, No. 1—8; Index zu 1896—98.
Bruxelles. Société belge de géologie, Bulletin: Mémoires, année 1910, vol. XXIV, No. 1—4; Bulletin: Procès-verbal, année XXIV, 1910, No. 4-10; XXV, 1911, No. 1—5; Nouveaux Mémoires, Série in 4°, 1910, No. 3.

Bruxelles. Observatoire royal de Belgique, Annuaire météorologique 1907—08, 1910—11 und Beilage.

Bruxelles. Société royale zoologique et malacologique, Annales, t. XLIV, 1909; XLV, 1910.

Bruxelles. Société entomologique de Belgique, Annales, tome LIV, 1910; Mémoires, vol. XVIII.

Bruxelles. Société royale de Botanique, Bulletin 1910, fasc. 3—4 und Beilage.

i) Grossbritannien und Irland.

Belfast. Natural history and philosophical Society, Report and Proceedings 1905/06—1909/10.

Cambridge. Philosophical Society, Proceedings, vol. XVI, part 1—2; Transactions, vol. XXI, No. 15—16.

Dublin. Royal Irish Academy, Proceedings, Section B, vol. XXIX, No. 1—6; XXXI, No. 4—5, 14, 22, 37—39i, 51, 52, 65; Cunningham Memoirs, vol. XI, 1905.

Dublin. Royal Academy of Medecine, Transactions, vol. XXIX.

Dublin. Royal Dublin Society, Scientific Proceedings, new Series, vol. XII, No. 37; XIII, No. 1-9, 11; Economie proceedings, new Series, vol. II, No. 3—4.

Edinburgh. Royal Scottish geographical Society, Magazine, vol. XXVI, No. 12; XXVII, No. 1—11.

Edinburgh. Royal Society, Proceedings, vol. XXX, part 7; XXXI, part 1—4; Transactions, vol. XLIV, part 1—2; XLVII, part 3—4; Index zu Transactions, vol. XXXV—XLVI, 1889—1908.

Edinburg. Geological Society, Transactions, vol. IX, part 5.

Edinburg. Mathematical Society, Proceedings, vol. XXIX, 1910—11; Mathematical Notes, No. 1—7.

Edinburg. Royal Physical Society, Proceedings vol. XVIII, No. 3.

Edinburg. Botanical Society, Transactions and Proceedings, vol. XXV.

Glasgow. Natural History Society, Glasgow Naturalist, vol. II, No. 1—4.

Liverpool. Biological Society, Proceedings and Transactions, vol. XXV, 1910-11.

London. Royal Geographical Society, Geographical Journal, vol. XXXVI, No. 6; XXXVII, No. 1—6; XXXVIII, No. 1—5.

London. Mathematical Society, Proceedings, Ser. II, vol. IX, p. 1—7; X, p. 1—4.

London. Royal microscopical Society, Journal 1910, part 6; 1911, part 1—5.

London. Royal Society, Proceedings, Series A: Mathematical and physical Sciences, No. A, vol. LXXXIV, No. 572—574; LXXXV, No. 575—581; Series B: Biological Sciences, No. B, vol. LXXXIII, No. 561—567; LXXXIV, No. 568—571.

London. Zoological Society, Proceedings 1910, pag. 837—1033; 1911, pag. 1—868; Transactions, vol. XVIII, part 4—5.

London. Royal Institution of Great Britain; Proceedings, vol. XIX, part 1—2.

London. Linnean Society, Journal: Botany, vol. XXXIX, No. 273; XL, No. 275; Zoology, vol. XXXII, No. 211—212; Proceedings, Session CXXIII, 1910—11.

London. His Majestys Astronomer of Cape of Good Hope, Report 1910.

London. British Association for the Advancement of Sciences, Report, 1910, vol. LXXX.

London. Royal Astronomical Society, Memoirs, vol. LIX, part 5; LX, part 1—2.

Manchester. Literary and philosophical Society, Memoirs and Proceedings, vol. LV, part 1—2.

Manchester. Manchester Museum, Owens College, Publications, No. 70—71; 72, = Report 1910/11.

k) Italien.

Catania. Accademia Gioenia di scienze naturali, Atti, 5. Seria, vol. III, 1910; Bollettino delle sedute, n. Seria, 1910/11, No. 14—18.

Firenze. R. Stazione de Entomologia Agraria, Redia, Giornale di Entomologia, vol. VII, No. 1.

Genova. Società Ligustica di Scienze naturali e geographica, Atti, vol. XXI, No. 1—3.

Milano. Società italiana di scienze naturali e del Museo Civico, Atti, vol. XLIX, fasc. 2—4; L, fasc. 1; Memorie, vol. VII, fasc. 1.

Milano. Reale Istituto Lombardo di scienze e lettere, Memorie, vol. XXI, fasc. 1—4; Rendiconti, Seria II, vol. XLII, No. 16—20; XLIII, No. 1—16.

Modena. Società dei Naturalisti e Matematici, Atti, Seria IV, vol. II, 1900; III, 1901, fasc. 1—2; VI, 1904; XII, 1910.

Napoli. Accademia delle scienze fisiche e mathematiche, Rendiconti, Seria III, vol. XVI, No. 1—9 und Supplement, 10—12; XVII, No. 1—4.

Napoli. Orto botanico della R. Università, Bullettino, tomo I; II, fasc. 1—4.

Napoli. Rivista tecnica e coloniale di Scienze applicate, Bollettino di merceologia, anno I, No. 1—8.

Padova. Accademia Scientifica Veneto-Trentina-Istriana, Atti, 3. Seria, Anno III.

Palermo. Società di Scienze naturali ed economiche, Giornale, vol. XXVIII, 1911.

Palermo. Circolo matematico, Rendiconti 1910, tomo XXX, fasc. 3; 1911, XXXI, fasc. 1—2 und Supplement 3; XXXII, fasc. 1—2; Anuario 1911.

Pisa. Società Toscana di scienze naturali, Atti: Memorie, vol. XXVI; Atti: Processi verbali, vol. XIX, No. 1—5; XX, No. 1—3.

Portici. Laboratorio di Zoologia generale e agraria, Bollettino, vol. V.

Roma. R. Accademia dei Lincei, Atti, 5. Seria, vol. XIX, 2. semestre, fasc. 9-12; XX, 1. semestre, No. 1—12; 2. semestre, No. 1—8; Rendiconto, Anno CCCVIII, 1911, vol. II.

Roma. Società Romana di Antropologia, Rivista (Atti), vol. XVI, fasc. 1.

Roma. Comitato geologico d'Italia, Bollettino, 5. Seria, vol. I, No. 2—4; II, No. 1.

Roma. Società Zoologica Italiana, Bollettino, Seria II, vol. XI, fasc. 3—12; XII, fasc. 1—4.

Roma. R. Stazione chimico agraria sperimentale di Roma, Annali, Seria II, vol. IV, 1910.

Roma. Società geologica italiana, Bollettino, vol. XXIX, No. 1—4; XXX, No. 1—2.

Torino. R. Accademia delle scienze, Atti, vol. XLV, No. 11—15; XLVI, No. 1—8; Memorie, 2. Seria, tomo LX und Beilage; Osservazioni meteorologiche 1910.

Torino. R. Accademia d'Agricoltura, Annali, vol. LIII, 1910.

l) Spanien, Portugal.

Lisboa. Sociedade de geographia, Boletin, Seria 28, 1910, No. 7—9 und Supplement, 10—12; Seria 29, 1911, No. 1—8.

Lisboa. Société portugaise des sciences naturelles, Bulletin, vol. III, Supplément 2; IV, fasc. 2.

Porto. Annaes de Sciencias naturaes (Nobre), vol. IX—X, 1905—06.

Porto. Accademia Polytechnica, Annaes scientificos, vol. V, No. 4; VI, No. 1—2.

Zaragoza. Sociedad Aragonesa de Ciencias naturales, Boletin, tomo IX, 1910, No. 9—10; X, 1911, No. 1—10.

m) Russland, Rumänien.

Dorpat. Naturforscher-Gesellschaft der Universität, Sitzungsberichte, 1910, Bd. XIX, No. 1—4 und Beilage.

Helsingfors. Finska Vetenskaps-Societeten, Bidrag, Bd. LXX, No. 1—2; LXXII, No. 2—5; LXXVIII, No. 1; Öfversigt af Forhandlingar, vol. LIII, 1910/11, Abt. A. u. C.; Meteorolog. Jahrbuch, Bd. IV, 1904; IX, 1909, Teil 2 u. Beilage.

Helsingfors. Societatis scientarum fennica, Acta, vol. XXVIII; XL, No. 7—8.

Jassy. Université, Annales scientifiques, t. VI, No. 4; VII, No. 1.

Kiew. Société des Naturalistes, Mémoires, vol. XXI, No. 3—4.

Moscou. Société Impériale des Naturalistes, Bulletin 1910, No. 1—3.

St. Petersburg. Kaiserl. mineralogische Gesellschaft, Verhandlungen, 2. Serie, Bd. XLVI, Lfg. 2.

St. Petersburg. Acta horti petropolitani, tomus XXVI, fasc. 2; XXVII, fasc. 3; XXVIII, fasc. 3.

St. Petersburg. Académie Impériale des Sciences, Bulletin, 6e Série, 1910, No. 16—18; 1911, No. 1—15; Mémoires, 8e Série, vol. XVIII, No, 7—13; XXI, No. 3, 6; XXIII, No. 2—6; XXIV, No. 10; XXV, No. 1—8; XXX, No. 1.

St. Petersburg. Comité géologique, Bulletin, 1909, vol. XXVIII, No. 9—10; 1910, vol. XXIX, No. 1—10; Mémoires, nouv. Série, No. 53—57, 59—60, 66, 68.

St. Petersburg. Observatoire physique central Nicolas, Publications, 2e Série, 1907, Ire partie; IIe partie, fasc. 1—2.

Riga. Technischer Verein, Industrie-Zeitung, Jahrg. XXXVI, No. 19—24; XXXVII, No. 1—19 und Beilage.

Riga. Naturforscher-Verein, Korrespondenzblatt, Bd. LIII; Arbeiten, neue Folge, Heft XII.

n) Nord-, Süd- und Zentral-Amerika.

Baltimore. John Hopkins University, Circulars, No. 225—232.

Baltimore. American chemical Journal, vol. XLIV, No. 2—6; XLV, No. 1—3.

Berkeley. University of California, Publications: Botany, vol. IV, No. 6—10; Zoology, vol. VI, No. 10—14; VII, No. 2—6; VIII, No. 1.

Boston. American Academy of Arts and Sciences, Proceedings, vol. XLV, No. 21; XLVI, No. 1—24; XLVII, No. 1—7.

Buenos-Aires. Museo nacional de historia natural, Anales, Seria III, t. XIII—XIV.

Buffalo. Society of Natural Sciences, Bulletin, vol. X, No. 1.

Cambridge. Museum of Comparative Zoology, Annual Report 1902/03—1909/10; Bulletin, vol. XLIII, No. 1—6; XLIV, No. 1—4; XLVI, No. 1—14; XLVII; XLVIII, No. 1—4; XLIX, No. 1—7; L, No. 1—9; LI, No. 1—12; LII, No. 1—17; LIII, No. 1—5; LIV, No. 1—6; Geological Series, vol. VII—VIII.

Chapel Hill. Elisha Mitchell Scientific Society, Journal, vol. XXVI, No. 3—4; XXVII, No. 1—2.

Chicago. Museum of Natural history, Publications: Geological Series, vol. III, No. 8; Ornithological Series, vol. I, No. 6; Report Series, vol. IV, No. 1; Zoological Series, vol. VII, No. 11—12; X, No. 4.

Chicago. University of Chicago, Botanical Gazette, vol. L, No. 5—6; LI, No. 1—6; LII, No. 1—4.

Cincinnati. Lloyd Library of Botany, Pharmacy and Materia Medica, Bulletin, No. 14—15 und Beilage; Mycological Notes, No. 36; Old species Series, No. 1; Polyporoid issue, No. 1—3.

Cincinnati. University, Cincinnati Observatory, Publications, No. 15—17.

Colorado (Boulder). University of Colorado, Studies, vol. VIII, No. 1—4.

Columbus. Ohio State University, Ohio Naturalist, vol. XI, No. 1—8.
Davenport. Davenport Academy of Sciences, Proceedings, vol. XII, pag. 223—240.
Des Moines. Jowa Geological Survey, Annual Report XII, 1901; XVI, 1905; XVIII, 1907; XX, 1909.
Indianapolis. Indiana Academy of Sciences, Proceedings 1909.
Lancaster. American Mathematical Society, Bulletin, 2. Series, vol. XVII, No. 3—10; XVIII, No. 1—2.
Lansing. Michigan Academy of Science, Annual Report, vol. XII, 1910.
La Plata. Museo de la Plata, Revista, vol. XVII und Beilage.
Lincoln. University of Nebraska, Agricultural Experiment Station, Annual Report, vol. XXIII; Bulletin No. 113—120; Press Bulletin, No. 32—33; University Studies, vol. X, No. 1—4.
Lincoln. American microscopical Society, Transactions, vol. XXIX, No. 2; XXX, No. 1—3.
Mexico. Observatorio meteorologico-magnetico central, Boletin mensual, 1906, April-Dezember; 1907, Januar-Juni; 1910, Januar-Dezember; 1911, Januar-Juli.
Mexico. Observatorio astronomico nacional de Tacubaya, Anuario, vol. XXXI, 1911.
Mexico. Sociedad scientifica „Antonio Alzate", Memorias y Revista, t. XXVII, No. 11—12; XXVIII, No. 1—8.
Mexico. Istituto geologico, Boletin, No. 23, Tafeln; 27—28; Parergones, vol. III, No. 6—8.
Milwaukee. Public Museum, Annual Report, vol. XXVII—XXVIII, 1908/09, 1909/10; Bulletin, vol. IX, No. 1—2.
Milwaukee. Wisconsin Natural History Society, Bulletin, new Series, vol. VIII, No. 4; IX, No. 3.
Minneapolis. Minnesota Academy of Natural Sciences, Bulletin, vol. IV, No. 3.
Minneapolis. University of Minnesota, geological and natural history Survey, Minnesota plant studies, part 4.
Montevideo. Museo Nacional, Anales, Seccion historico-philosophica, Seria II, t. I, No. 3, pag. 57—96; Flora uruguaya, t. IV, entraga 3, pag. 129—224.
New Haven. American Journal of Science, 4. Series, vol. XXX, Dezember; XXXI, Januar-Juni; XXXII, Juli-November.
New Haven. Connecticut Academy of Arts and Science, Transactions, vol. XVI, pag. 247—407; Memoirs, vol. II, 1910.
New York. Academy of Sciences, Annals, vol. XX, part 1—2; XXI, pag. 1—86.
New York. New York Botanical Garden, Bulletin, vol. VI, No. 22; VII, No. 25—26.
Oberlin. Wilson Ornithological Club, Bulletin, No. 72—75.
Ottawa. Geological and Natural History Survey of Canada, Report: Publications, No. 1035a, 1114, 1119; Summary Report, 1908, 1910; Contributions to Canadian Palaeontology, vol. II, part 3.
Philadelphia. Academy of Natural Sciences, Proceedings, vol. LXII, 1910, p. 2—3; LXIII, 1911, part 1.
Philadelphia. American philosophical Society, Proceedings, vol. XLIX, No. 197; L, No. 198—200.
Philadelphia. Zoological Society, Annual Report, vol. XXXIX, 1911.
Philadelphia. University of Pennsylvania, Publications: Contributions from the Zoological Laboratory, 1910—11, vol. XVI.
Pittsburgh. Allegheny Observatory, Miscellaneous scientific Papers, new Series, No. 4; Publications, vol. II, No. 4—13.

Rochester. Academy of Science, Proceedings, vol. IV, pag. 233—241; V, pag. 1—38.
Rock Island. Augustana Library, Publications, No. 7.
Rolla. State of Missouri, Bureau of Geology and Mines, Biennial Report, vol. XLVI.
San Francisco. California Academy of Science, Proceedings, 4. Series, vol. I, pag. 7—288.
Santiago. Société scientifique du Chili, Actes, t. XIX, 1909, No. 1—5.
Santiago. Deutscher wissenschaftlicher Verein, Verhandlungen, Bd. V, Heft 3—6; VI, Heft 1.
St. Louis. Academy of Science, Transactions, vol. XVIII, No. 2—6; XIX, No. 1—10.
St. Louis. Missouri Botanical Gardens, Report, vol. XXI.
Sao Paolo. Sociedad Scientifica, Museu Paulista, Revista, vol. VIII, u. Beilage.
Toronto. Canadian Institute, Proceedings, 3. Series, vol. IV, 1910; Transactions, vol. IX, 1910, part 1.
Urbana. University of Illinois, State Geological Survey, Bulletin No. 15—16; Agricultural Experiment Station, Bulletin, No. 148—149; University Bulletin, vol. VIII, No. 23.
Washington. U. S. Department of Agriculture, Yearbook 1910; Report 1910; Bulletin of the Mount Weather Observatory, vol. III, part 5.
Washington. U. S. Naval Observatory, Report (Synopsis), 1878, 1885—1894, 1897—1900, 1906; Publications, 2. Series, vol. VI—VII.
Washington. Smithsonian Institution, Bulletin: U. S. National Museum, No. 71, 73—75; Annual Report 1909; Annual Report of the U. S. National Museum 1910; Proceedings of the U. S. National Museum, vol. XXXVII—XXXIX; Contributions from the U. S. National Herbarium, vol. XIII, part 6—11; XIV; part 2; XV; Bureau of Ethnology, Bulletin, No. 30, part 2; 37, 39, 40, part 1, 43—45, 49—51; Smithsonian miscellaneous Collections, No. 1944, 1946—1947, 1949, 1988—1989, 2003—2012, 2015.
Washington. Department of the Interior, U. S. Geological Survey, Bulletin No. 381, 425—427, 429—447, 449—450, 452—453, 457—465, 469, 472—473; Report 1910, vol. XXXI; Professional Papers, No. 68, 72; Monographs, vol. XXX; Water Supply and Irrigation Papers, No. 237, 239—240, 246—247, 250—251, 253—258, 260, 262, 264, 265, 270, 274.

o) *Uebrige Länder.*

Batavia. Kon. magnetic en meteorolog. Observatorium, Regenwaarnemingen in Ned.-Indië, 1909, Teil 1—2.
Batavia. Kon. natuurkundig Vereeniging in Ned.-Indië, Natuurkundig Tijdschrift, Bd. LXIX.
Bombay. Bombay branch of the Royal Asiatic Society, Journal vol. XXIII, No. 65, 1910.
Brisbane. Royal Society of Queensland, Proceedings, vol. XXII, p. 2; XXIII, p. 1.
Calcutta. Geological Survey of India, Memoirs, Series XV, vol. IV, fasc. 3; Records, vol. XL, part 1—4.
Calcutta. Asiatic Society of Bengal, Mémoirs, vol. II, No. 10—11; III, No. 1; Journal and Proceedings, vol. V, 1—11; VI, No. 1—6.
Calcutta. Department of Agriculture, Botanical Series: Memoirs, vol. III, No. 6; IV, No. 1; Report 1909—10.
Cape Town. South African Association for the Advancement of Science, Report, vol. III—V, 1905—07 und Beilage.

Cape Town. Royal Society of South Africa, Transactions, vol. II, part 1—2.
Colombo. Royal Botanic Gardens, Peradeneija, Annals, vol. IV, p. 7; Circulars, vol. V, No. 5—14.
Kyōto. College of Science and Engineering, Imperial University, Memoirs, vol. II, No. 9—14; III, No. 1—6.
Le Caire. Société Entomologique d'Egypte, Bulletin 1910, No. 3—4.
Melbourne. Royal Society of Victoria, Proceedings, new Series, vol. XXIII, p. 2; XXIV, p. 1.
Pretoria. Transvaal Museum (Museum and Zoological Gardens), Annals, vol. II, No. 3—4; III, No. 1—2.
Sendai (Japan). The Tôhoku mathematical Journal, vol. I, No. 1—2.
Sidney. Australian Museum, Records, vol. VIII, No. 1—2; Report 1909/10; Memoirs, vol. IV, part 13—15.
Sidney. Royal Society of New South Wales, Journal and Proceedings, vol. XLII, 1908; XLIII, 1909, part 1—4; XLIV, 1910, part 1—4.
Tokyo. Deutsche Gesellschaft für Natur- und Völkerkunde Ostasiens, Mitteilungen, Bd. XII, Teil 2; XIII, Teil 1—3.
Tokyo. College of Science, Imperial University, Journal, vol. XXVII, No. 15—20; XXVIII, No. 1—7; XXX, No. 1; Calendar for 1909/10.

C. Anschaffungen.

Akademien, Allgemeines.

L'année biologique, année XIII, 1908.
Archiv für Anthropologie, neue Folge, Bd. X, Heft 1—3.
Archiv für gesamte Physiologie (Pflüger), Bd. CXXXV, No. 5—12; Bd. CXXXVI bis CXLII; Register zu Bd. LXXI—CXL.
Archiv für mikroskopische Anatomie, Bd. LXXVI, No. 2—4; LXXVII, No. 1—4; LXXVIII (Festschrift Waldeyer).
Archivio per l'antropologia e la etnologia, vol. XL, 1910, fasc. 2—4.
Bulletin et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Bruxelles, t. XXVIII, 1909.
Centralblatt, biologisches, Bd. XXX, No. 22—24; XXXI, No. 1—21.
Centralblatt für Physiologie, Bd. XXIV, No. 16—26 u. 26a; XXV, No. 1—16; Bibliographia physiologica, 3. Serie, Bd. V, No. 3—4; VI, No. 1—4.
Comptes-rendus de l'Association française pour l'avancement des sciences, Session XXXVIII, 1909, 2 Bände.
Denkschriften der Akademie der Wissenschaften, Wien, mathemat.-naturwissenschaftliche Klasse, Bd. LXXXV; LXXXVI, 1. Halbband.
Denkschriften, neue, der Schweizer. naturforsch. Gesellschaft, Bd. XLVI, Abhandlung 1—2.
Journal, the quarterly, of microscopical Science, new Series, vol. LVI, part 1—2.
Magazine, philosophical, and Journal of Science, 1910, December; 1911, January-November.
Naturalist, the American, vol. XLIV, No. 528; XLV, No. 529—539.
Rundschau, naturwissenschaftliche, 1910, No. 46—52; 1911, No. 1—46.
Science, new Series, vol. XXXII, No. 828—835; XXXIII, No. 836—862; XXXIV, No. 863—880.
Transactions, philosophical, of the Royal Society of London, Series A, vol. CCX; Series B, vol. CCI.

Verhandlungen der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Aerzte, 82. Versammlung, 1910, I. Teil; II. Teil, 1. u. 2. Hälfte.
Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie, Bd. XXVII, Heft 3—4; XXVIII, Heft 1—2.

Astronomie, Meteorologie.

Connaissance des temps, publ. par le Bureau de Longitudes pour 1912.
Jahrbuch, Berliner astronomisches, für 1913.
Nachrichten, astronomische, Bd. 186, No. 4450—4464; Bd. 187, No. 4465—4488; Bd. 188, No. 4489—4512; Bd. 189, No. 4513—4535.
Zeitschrift, meteorologische, 1910, No. 11—12; 1911, No. 1—10.

Botanik.

Annales des sciences naturelles, Botanique, 9e Série, t. XII, No. 2—6; XIII, No. 1—6; XIV, No. 1—6.
Annales du Jardin botanique de Buitenzorg, 2e Série, vol. IX, part 1.
Annals of Botany, vol. XXV, No. 97—100.
Bibliotheca botanica, Heft 72, Teil 2; 73, Teil 1—2; 74, Teil 3—4.
Bulletin de la Société botanique de France, 4e Série, t. X, 1910, No. 5—8; XI, 1911, No. 1—6; Session extraordinaire, Tunisie 1909; Mémoires, 4e Série, t. X, 1910, No. 17—21.
Engler und Prantl, die natürlichen Pflanzenfamilien, Liefg. 243—244.
Hedwigia, Organ für Kryptogamenkunde, Bd. L, Heft 4—6; LI, Heft 1—4; Generalregister zu Bd. I—L.
Jahrbücher für wissenschaftl. Botanik, Bd. XLVIII, Heft 4—5; XLIX, Heft 1—4; L, Heft 1.
Rabenhorst, Kryptogamenflora I, Abt. IX, Pilze, Liefg. 120; Abt. VI, Lebermoose, Liefg. 13—14.
Reichenbach, Deutschlands Flora, 1. Serie, Bd. XIX_2, Liefg. 34—39; XXV, Liefg. 9—11.
Schmidt, Atlas der Diatomaceenkunde, Heft 68.
Smith, J. J.: Die Orchideen von Java, Heft 4 (Flora von Buitenzorg).

Geographie, Ethnographie.

Abhandlungen der k. k. geographischen Gesellschaft in Wien, 1910, Bd. IX, No. 1.
Archiv, internationales, für Ethnographie, Bd. XX, Heft 1—4.
Forschungen zur deutschen Landes- und Volkskunde, Bd. XIX, Heft 3—4.
Jahrbuch des Schweizer. Alpenklubs, Jahrg. XLVI, 1910 und Beilage.
Jahrbuch, geographisches, Bd. XXXIV, 1911.
Mitteilungen der geograph. Gesellschaft, Wien, Bd. LIII, No. 9—12; LIV, No. 1—9.
Süd-Polar-Expedition, deutsche (Drygalski), Abt. I Meteorologie, Atlas, Heft 1; Abt. III Meteorologie, Bd. I, 1. Hälfte, Heft 2; 2. Hälfte, Heft 1; Abt. IV Meteorologie, Bd. I, Atlas, Heft 1; Bd. II, Tabellen, Heft 2; Abt. V Erdmagnetismus, Bd. I, Heft 3; II, Heft 3; Abt. VIII Botanik, Bd. II, Heft 3; Abt. XII Zoologie, Bd. IV, Heft 4—5; Abt. XIII Zoologie, Bd. V, Heft 1.

Geologie, Petrographie, Mineralogie und Palæontologie.

Abhandlungen, geologische und palæontologische, neue Folge, Bd. IX, No. 5; X, No. 1—3.
Annales des Mines, 10e Série, t. XVII, livr. 6; XVIII, livr. 7—12; XIX, livr. 1—6; XX, livr. 7—9.

Annales de Paléontologie, tome V, fasc. 4; VI, fasc. 1—2.
Barrande, Joach., Système silurien du centre de la Bohème, I[er] partie, vol. VI t. III, texte et planches 176—247.
Beiträge zur Palæontologie und Geologie Oesterreich-Ungarns und des Orients, Bd. XXIII, Heft 4; XXIV, Heft 1—2.
Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Palæontologie, 1910, No. 22—24; 1911, No. 1—22.
Eclogæ geologicæ helvetiæ, Mitteilungen, Bd. XI, No. 3—4.
Jahrbuch, neues, für Mineralogie, Geologie und Palæontologie, Hauptwerk 1910, Bd. II, No. 2—3; 1911, Bd. I, No. 1—3; II, No. 1; Beilagebände, Bd. XXX, No. 3; XXXI, No. 1—3; XXXII, No. 1—2; Repertorium: Hauptwerk 1905 bis 1909; Beilagebände, Bd. XXI—XXVIII.
Jahreshefte, geognostische, Jahrgg. XXII, 1909; XXIII, 1910.
Journal, the quarterly, of the Geological Society, vol. LXVI, p. 4; LXVII, p. 1.
Magazine, geological, new Series, Decade V, vol. VII, No. 12; VIII, No. 1—11.
Palæontographica, Bd. LVII, Liefg. 5—6; LVIII, Liefg. 1—4.
Suess, Ed. La face de la terre (Das Antlitz der Erde), t. III, part 1—2. Paris, 1902, 1911.
Tschermaks mineralogische und petrograph. Mitteilungen, n. Folge, Bd. XXIX, Heft 3—6.
Zeitschrift für Krystallographie, Bd. XLVIII, No. 5—6; XLIX, No. 1—6.

Mathematik.

Archiv für Mathematik und Physik (Grunert), 3. Reihe, Bd. XVII, Heft 1—4; XVIII, Heft 1—4.
Giornale di Matematiche, vol. XLVIII, September-Dezember; XLIX, Januar-August.
Jahrbuch über die Fortschritte der Mathematik, 1908, Bd. XXXIX, Heft 1—3.
Journal de Mathématiques, 6[e] Série, tome VI, 1910, fasc. 4; VII, 1911, fasc. 1—3.
Journal für reine und angewandte Mathematik, Bd. CXXXIX, Heft 2—4; CXL, Heft 1—3.
Journal, the quarterly, of pure and applied mathematics, vol. XLII, No. 2.
Messenger of Mathematics, new Series, vol. XL, No. 8—12; XLI, No. 1—7.
Revue de Mathématiques (Revista), Beilage: Bollettino di bibliographia, Anno XII, No. 3—4; XIII, No. 1—2.

Physik, Chemie.

Annalen der Physik, 4. Folge, 1910, No. 16; 1911, No. 1—13.
Annales de chimie et de physique, 8[e] Série, 1910, Décembre; 1911, Janvier-Novembre.
Beiblätter zu den Annalen der Physik, 1910, No. 23—24; 1911, No. 1—21.
Gazetta chimica, anno XL, 1910, p. 2, fasc. 3—6; XLI, 1911, p. 1, fasc. 1—6; p. 2, fasc. 1—3.
Gerland, Geo., Beiträge zur Geophysik, Bd. X, Heft 4; XI, Heft 1.
Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie, 1905—08, Heft 16—33; 1909, Heft 1—5.
Journal de physique, 4[e] Série, tome IX, 1910, No. 12; 5[e] Série, tome I, 1911, No. 1—10.
Journal für praktische Chemie, neue Folge, Bd. LXXX, No. 24; LXXXII, No. 22—24; LXXXIII—LXXXIV, No. 1—24.

Journal of the Chemical Society, 1910, November-December; 1911, January-October.
Liebigs Annalen der Chemie, Bd. CCCLXXVII—CCCLXXXIV; CCCLXXXV, Heft 1.
Zeitschrift für physikalische Chemie, Bd. LXXIV, No. 6; LXXV, No. 3—6; LXXVI, No. 1—6; LXXVII, No. 1—6; LXXVIII, No. 1—2; Namen- und Sachregister zu Bd. XXV—XXX, Liefg. 10—11.

Zoologie.

Annales des sciences naturelles, Zoologie, 9e Série, tome XII, No. 4—6; XIII, No. 1—6; XIV, No. 1—6.
Archiv für Naturgeschichte, Jahrgg. LXXIII, 1907, Bd. II, Heft 2, Liefg. 3; Jahrgg. LXXIV, 1908, Bd. II, Heft 2, Lfg. 2—3; Jahrgg. LXXV, 1909, Bd. II, Heft 2, Lfg. 1—3; Jahrgg. LXXVI, 1910, Bd. II, Heft 2; Bd. IV, Heft 1—2; Bd. V, Heft 2; Jahrgg. LXXVII, 1911, Bd. I, Heft 1—2 und Supplement, Heft 1—2.
Archives de Zoologie expériment. et générales, 5e Série, t. V, No. 9; VI, No. 1—14; VII, No. 1—2; VIII, No. 1—4; Notes et Revue, 5e Série, t. V, No. 6; VI, No. 1—3; VII, No. 1—2; VIII, No. 1—3.
Cellule, la, tome XXVII, fasc. 1.
Jahresbericht, zoologischer, herausgeg. von der Zoolog. Station von Neapel für 1909, 1910.
Journal de Conchyliologie, vol. LVIII, No. 2—4.
Journal für Ornithologie, Jahrgg. LIX, Heft 1—3; Sonderheft 1911.
Mitteilungen aus der Zoologischen Station zu Neapel, Bd. XX, Heft 1.
Plankton-Expedition, Ergebnisse der, Bd. II, F. c.: Schiemenz, Die Heteropoden der Plankton-Expedition; II. H. e.: Rud. von Zahony, Die Chätognaten; III. L. c.: Rhumbler, Die Foraminiferen (Thalamophoren) der Plankton-Expedition; III. L. h. 11: Borgert, Challengeridæ; V. O.: V. Hensen, Das Leben im Ozean, Text und Tafeln.
Rübsamen, Ew. H., Die Zoocecidien, durch Tiere erzeugte Pflanzengallen Deutschlands und ihre Bewohner, Lfg. 1, (Zoologica). Stuttgart, 1911.
Transactions of the Entomological Society, London, 1910, part III.

Der Bibliothekar:
Hans Schinz.

Alphabetisches Verzeichnis

der

sämtlichen laufenden Periodica und Serienwerke

mit Angabe der zur Zeit vorhandenen Bestände.

Abgeschlossen im Mai 1911.

Wegleitung.

Die Namen der Herausgeber bezw. Redaktoren etc. der von Behörden, Instituten und Vereinigungen herausgegebenen Zeitschriften sind absichtlich nicht aufgenommen worden, da sie bekanntlich öfterem Wechsel unterliegen, ihre Aufführung deshalb für ein Verzeichnis, das voraussichtlich für längere Zeit dienen muss, einen nur sehr problematischen Wert besitzt. Ausgenommen hievon sind diejenigen Periodica, bei denen der Name des Herausgebers einen integrierenden Bestandteil des Titels bildet, wie z. B. Annalen, Liebigs, der Chemie, Mitteilungen, Tschermaks mineralogische und petrographische, u. a. Rückweise wurden angelegt vom Eigentümer, Begründer oder Herausgeber, wenn sein Name im Titel selbst oder der Beilage genannt ist. Hat sich der Name von Schriften im Laufe der Zeit geändert, so findet man die betreffende Sammlung unter den verschiedenen Titeln aufgeführt, mit Hinweisen.

Zeitschriften-Titel, die verschiedenen Sprachen gemeinschaftlich angehören, wie z. B. „Bulletin", „Journal" etc. sind für jede der betreffenden Sprachen in alphabetischer Reihenfolge derselben behandelt, d. h. es kommen z. B. im Verzeichnis zuerst die verschiedenen „Journal" mit deutschen Titeln, dann die mit englischen, französischen, u. s. f.

Wichtigere Beiblätter sind besonders aufgeführt und nicht den Hauptblättern beigefügt.

Unter den im Verzeichnis enthaltenen Periodica gibt es eine Anzahl, von denen, z. T. seit längerer Zeit, trotz Reklamationen keine Fortsetzungen mehr eingegangen sind, weil eben keine zur Ausgabe gelangten und ihre Erscheinungsweise eine sehr unregelmässige ist; die Titel dieser Zeitschriften sind aber gleichwohl alle aufgenommen worden.

Ein ° vor Aufführung einer Serie bedeutet, dass sie Lücken aufweist.

Das beigegebene alphabetische Ortsregister enthält:

a) Die Sitze der publizierenden Behörden, Anstalten und Vereinigungen und

b) die in den Titeln enthaltenen Städte- und Ländernamen.

Einzelne Periodica (besonders amerikanische) wechseln des öftern den Ort ihrer Ausgabe bezw. ihres Druckes.

Aarbog, Bergens Museum. 1888—1910 ff. Mit Beilage: Sars, Crustacea. Bd. I—V ff. Bergen, 8⁰.

Aarsberetning, Bergens Museum. 1886—1909 ff. Mit Beilage: Meeresfauna von Bergen. Heft 1—3 ff. Bergen, 8⁰.

Aarsberetning, Stavanger Museum. Vol. I—X, 1890—1899. (Fortsetzung s. Aarshefter) Stavanger, 8⁰.

Aarsberetning, Tromsö Museum. 1890—1909 ff. Tromsö, 8⁰.

Aarshefter, Stavanger Museum. Vol. XI—XX ff., 1900—1909 ff. (vorher Aarsberetning, s. dort). Stavanger, 8⁰.

Aarshefter, Tromsö Museum. Bd. II, 1879; Bd. IV—XXXII ff., 1881—1909 ff. Tromsö, 8⁰.

Aarskrift, K. Universität, Lund. (Acta Universitatis Lundensis.) Bd. I—XL, 1864—1904; neue Folge, Bd. I—VI ff., 1905—1910 ff. Register zu Jahrg. 1864—1904. Lund, 4⁰.

Abhandlungen aus dem Gebiete der Naturwissenschaften, hgg. vom Naturwissenschaftl. Verein Hamburg. Bd. I—XIX ff., 1846—1910 ff. Hamburg, 4⁰.

Abhandlungen der kgl. Bayer. Akademie der Wissenschaften, mathemat.-physikal. Klasse, München. 1763—1773, 1778—1797, 1803—1806 und Bd. I—XXV ff., 1829—1909 ff.; Suppl. Bd. I—IV ff. München, 4⁰.

Abhandlungen der kgl. Böhm. Gesellschaft der Wissenschaften, Prag. 1785—1788; 1847; 5. Folge, Bd. VI—VII, XIV—XV; 6. Folge, Bd. I—III, VIII—XII; 7. Folge, Bd. I—IV ff., °1852—1910 ff. Prag, 8⁰.

Abhandlungen der kgl. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften, mathemath.-physikal. Klasse. Bd. I—XXXII ff., 1852—1910 ff. Leipzig, 4⁰.

Abhandlungen der k. k. Geographischen Gesellschaft in Wien. Bd. I—IX ff. 1899—1910 ff. Wien, 8⁰.

Abhandlungen der k. k. Geologischen Reichsanstalt in Wien. Bd. I—XII, XIII, Heft 1, XIV—XXI ff., 1852 ff. Wien, 8⁰.

Abhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft Görlitz. Bd. XXIV—XXVI ff., 1904 bis 1909 ff. Görlitz, 8⁰.

Abhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft Zürich. 1761—1766. (später Beobachtungen, Berichte, Mitteilungen, jetzt Vierteljahrsschrift, s. dort.) Zürich, 8⁰.

Abhandlungen der Naturhistorischen Gesellschaft Nürnberg. Bd. I—XVIII, 1858—1909. (früher zugleich Jahresbericht, ab 1907: Mitteilungen, s. dort.) Nürnberg, 8⁰.

Abhandlungen der Schweizer. paläontolog. Gesellschaft. Bd. I—XXXVI ff., 1879—1910 ff. Zürich, 4⁰.

Abhandlungen der Senckenberg'schen naturforschenden Gesellschaft in Frankfurt a./M. Bd. I—IV, 1854 ff.; XVIII—XXXII ff., 1895 ff. (Bd. XXXII = Festschrift Kobelt). Frankfurt a./M., 4⁰.

Abhandlungen des Deutschen naturwissenschaftlich-medizin. Vereins für Böhmen „Lotos", s. Lotos, Naturwissenschaftliche Zeitschrift.

Abhandlungen des kgl. Preussischen meteorolog. Instituts, Berlin. Bd. I—III ff. Berlin, 8⁰.

Abhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins Bremen. Bd. I—XX ff., 1866 ff. Bremen, 4⁰.

Abhandlungen, geographische (Penck). Bd. I—IX ff., 1887—1910 ff. Wien, 8⁰ und 4⁰.

Abhandlungen, geologische und paläontologische. Alte und neue Folge, Bd. I—X, Heft 1—5; XII—XIV ff., °1882—1910 ff. Jena, 4⁰.

Abhandlungen, separate, Bremerhaven-Geestemünde, s. Aus der Heimat — Für die Heimat.

Abhandlungen und Bericht des Vereins für Naturkunde in Kassel. Heft 42—52 ff. Kassel, 8⁰.

Abhandlungen und Berichte, Städt. Museum für Natur- und Heimatkunde und Naturwissenschaftlicher Verein zu Magdeburg. Bd. I—II ff. (früher Jahresbericht und Abhandlungen, s. dort). Magdeburg, 8⁰.

Acta horti petropolitani, St. Petersburg. Bd. I—XXX ff., 1871—1909 ff. St. Petersburg, 8⁰.
Acta, nova, kais. Leopoldin.-Carolin. deutsche Akademie der Naturforscher, Halle. Bd. I—XCI ff., 1757—1910 ff. Halle, 8⁰.
Acta, nova, kgl. Gesellschaft der Wissenschaften, Upsala. 1740—1743; 3. Serie, Bd. I—XX; 1773—1904; 4. Serie, Bd. I—II ff., 1905 ff. Upsala, 4⁰.
Acta Societatis scientarum fennicae. Bd. I—XL ff., 1842—1910 ff. Helsingfors, 4⁰.
Acta Universitatis Lundensis, s. Aarskrift, Lund.
Actes de la Société Linnéenne de Bordeaux. 2. Série, vol. I—XX; 3. Série, vol. I—VIII; 4. Série, vol. I—X; 5. Série, vol. I—X; 6. Série; vol. I—X; 7. Série, vol. I—III ff., 1830—1910 ff. Bordeaux, 8⁰.
Actes de la Société scientifique du Chili. Vol. I—VIII, X—XIII, XV—XIX ff. Santiago, 8⁰.
Afhandlingar och uppsatser, Sveriges geologiska Undersökning, Stockholm. °1862—1908 ff. Text (in Serien) und Karten. Stockholm, 8⁰ und fol.
Anales del Museo Nacional, Montevideo. °Verschiedene Sektionen, Serien und Bände, z. T. ohne Bandbezeichnung. (Flora uruguaya) vol. II—IV ff. Mit Beilage: Publicados. Montevideo, 4⁰.
Anales del Museo Publico (Nacional) de Buenos-Ayres. Serie 1, Bd. I—III; Serie 2, Bd. I—IV; Serie 3, Bd. I—XII ff., 1864 ff. Buenos-Ayres, 4⁰.
Anales, Museo de La Plata. 1890 ff. La Plata, 8⁰.
Annaes, Sciencias naturaes (A. Nobre). Bd. I—VIII ff., 1894 ff. Porto, 8⁰.
Annaes scientificos da Academia polytechnica de Porto. Bd. I—V ff., 1905 ff. Porto, 8⁰.
Annalen der Chemie (u. Pharmacie) s. Annalen, Liebigs, der Chemie.
Annalen der kaiserl. Universitäts-Sternwarte in Strassburg. Bd. I—III ff. Karlsruhe, 4⁰.
Annalen der kaiserl. Universitäts-Sternwarte in Wien. 1821—1840; neue Folge, Bd. I—XIV, 1841—1850; 3. Folge, Bd. I—XXIX, 1851—1879; 4. Folge, Bd. II—VI, 1884—1888; XIV, 1900; XVII, 1902. Wien, 8⁰.
Annalen der Pharmacie, s. Annalen, Liebigs, der Chemie.
Annalen der Physik (früher Annalen der Physik und Chemie). Bd. I ff, 1799—1911 ff. in 4 Folgen, nebst Ergänzungsbänden und Registern. Halle und Leipzig, 8⁰. (Beiblätter, s. dort.)
Annalen der Schweizer. meteorolog. Centralanstalt (früher: Beobachtungen). Bd. I—XLVI ff., 1864—1909 ff. Zürich, 4⁰.
Annalen der Sternwarte in Leiden. Bd. I—IX ff., 1868—1906 ff. Haarlem, 4⁰.
Annalen des kaiserl. Naturhistorischen Hofmuseums in Wien. Bd. I—XXIV ff., 1885 ff. Wien, 8⁰.
Annalen, Liebigs, der Chemie (früher Annalen der Pharmacie, bezw. der Chemie und Pharmacie). Bd. I—CCCLXXIX ff. Lemgo, Heidelberg und Leipzig, 8⁰.
Annales de chimie. An III—1815, et de physique. 1816—1911 ff. Paris, 8⁰.
Annales de la Faculté des sciences, Marseille. Vol. I—XVII ff., 1891 ff. Marseille, 4⁰.
Annales de la Faculté des sciences, Université de Toulouse. 1. Série, vol. I—XII, 1887—1898; 2. Série, vol. I—X, 1899—1908; 3. Série, vol. I ff., 1909 ff. Toulouse, 8⁰.
Annales de la Société belge de microscopie. Vol. I, 1876, IV—XXVIII ff., 1878 ff. Bruxelles, 8⁰.
Annales de la Société botanique de Lyon. Vol. XVI—XXXIV ff. Lyon, 8⁰.
Annales de la Société d'agriculture, science et industrie de Lyon. °1838—1909 ff. Lyon, 8⁰.
Annales de la Société des sciences naturelles de la Charente-inférieure, Académie de La Rochelle. Vol. II—III, 1895—96. La Rochelle, 8⁰.
Annales de la Société entomologique de Belgique. Vol. I—LIII ff., 1857 ff. Bruxelles, 8⁰.
Annales de la Société géologique du Nord, Lille. Vol. VI, VIII, XI—XXXVII ff., °1878 ff. Lille, 8⁰.

Annales de la Société royale zoologique et malacologique de Belgique. Vol. I—XXXIX, XLI—XLIV ff., °1863—1909 ff. Bruxelles, 8°.
Annales de l'Observatoire physique central Nicolas, St. Pétersbourg. 1870—1906 ff. St. Petersbourg, 4°.
Annales de l'Observatoire royal de Belgique. Vol. I—IV, VI—VII; nouv. Série, vol. VIII—IX ff., °1834 ff. Beilagen: Annales, Physique du Globe. Vol. I—III ff. Annales météorologiques. Vol. V—XI, XIII—XIV, XIX ff. Observations météorologiques. 1900—1903 ff. Bulletin climatologique 1899. Bibliographie générale de l'astronomie. Bruxelles, 4° und 8°.
Annales de l'Université de Grenoble. Vol. XVII—XXII ff., 1905 ff. Grenoble, 8°.
Annales de paléontologie, Paris. Vol. I—V ff., 1906 ff., Paris, 4°.
Annales des mines. 1817—1911 ff. Paris, 8°.
Annales des sciences naturelles: Botanique. 2.—9. Série ff., 1834—1910 ff. Paris, 8°.
Annales des sciences naturelles: Zoologie. 2.—9. Série, 1834—1910 ff. Paris, 8°.
Annales du Jardin botanique de Buitenzorg. 1. Série, Vol. III—XVIII, u. Register zu Bd. I—XV; 2. Série, vol. I—VIII ff. (Flora von Buitenzorg) und Suppléments, vol. I—III ff., nebst Beilagen (Atlas). (s. auch Fleischer, u. Smith). Leiden, 8°.
Annales scientifiques de l'Université de Jassy. Vol. IV—VI ff., 1906 ff. Jassy, 8°.
Annales historico-naturales, Musei Nationalis hungarici. Vol. V—VIII ff., 1907—1910 ff. Budapest, 8°.
Annales, Museum Francisceum, Brünn, s. Zeitschrift des Mährischen Landesmuseums, Brünn.
Annali della R. Accademia d'Agricoltura di Torino. Vol. XLIV—LII ff., 1901—1909 ff. Torino, 8°.
Annali della R. Scuola superiore di Agricoltura di Portici. Seria 2, vol. I—VIII ff. Napoli, 8°.
Annali della R. Stazione chimico-agraria sperimentale di Roma. Seria 2, vol. I—III ff., 1906—1909 ff. Roma, 8°.
Annals of botany. Vol. VI—XXV ff., 1892 ff. London, 8°.
Annals of the Academy of science of New York. Vol. V—XI; new Series, vol. I—XIX ff., 1851 ff. New York, 8°.
Annals of the Astrophysical Observatory of the Smithsonian Institution. Vol. I—II ff. Washington, 4°.
Annals of the Cape Observatory, London. Vol. I, III—VIII ff., 1893—1901 ff. (Royal Observatory, Cape of Good Hope). London, Edinburgh, 4°.
Annals of the Royal Botanic Garden, Peradenija. Vol. I—IV ff., 1901 ff. Colombo, 8°
Annals of the Transvaal Museum. Vol. I—II ff. u. Supplem., 1908 ff. Pretoria, 8°
Année biologique. Vol. I—XII ff., 1895—1907 ff. Paris, 8°.
Annuaire de l'Academie royale des sciences de Belgique. Année XLIX ff., 1859—1911 ff. Bruxelles, 8°.
Annuaire de l'Observatoire royal de Belgique. 1878—1910 ff. Bruxelles, 8°.
Annuaire météorologique de l'Observatoire royal de Bruxelles. 1901—1906, 1909 ff. Bruxelles, 12°.
Anuario del Circolo matematico di Palermo. 1906—1910 ff. Palermo, 8°
Anuario estadistico de la Republica oriental del Uruguay, Direccion general de Estadistica. Vol. I ff., 1907—08 ff. Montevideo, 4°.
Anuario estadistico, Direccion general de Estadistica. 1896—1897. Mit Beilage: Demografia. 1895, 1901. La Plata, 8°.
Anuario, Observatorio astronomico nacional de Tacubaya, Mexico. Anno °I—XXXI ff., °1884—1911 ff. Mexico, 8°.
Anzeiger der Akademie der Wissenschaften, Krakau. 1889—1911 ff. Krakau, 8°.

Aquila, s. Berichte, mathematische und naturwissenschaftliche, Budapest.

Arbeiten, astronomisch-geodätische, s. Dreiecknetz.

Arbeiten der kais. Russischen mineralog. Gesellschaft, St. Petersburg. 1830—1842. (nachher Schriften, s. dort). St. Petersburg, 8°.

Arbeiten der Norweg. Commission der internat. Erdmessung. (Europ. Gradmessung.) Bd. I—VII, 1880—1890. Resultater af Vandstands Observationer paa den norske kyst. Heft 1—6 ff., 1882—1904 ff., u. Beilagen. Christiania, Bergen, 4°.

Arbeiten des Naturforscher-Vereins Riga. Bd. I, 1848; neue Folge, Bd. I—V, 1865—1873; VII—XI ff., 1891 ff. Rudolfstadt, Riga, 8°.

Archiev, nederlandsch kruidkundig, uitgeven van het Nederlandsche botanische Vereeniging. 2. Serie, deel I—VI; 3. Serie, deel I—II = 1874 ff. Fortsetzung: Verslagen en Mededeelingen. 1905—1909 ff. Beilage: Prodromus florae batavae. Vol. I, part. 1—3 ff. Nijmegen, 8°.

Archiev, nieuw, Wiskundig Genootschap, Amsterdam. 2. Reeks, deel V—IX ff. Amsterdam, 8°.

Archiv der Mathematik und Physik. 1. Reihe, Bd. I—LXX; 2. Reihe, Bd. I—XVII; 3. Reihe, Bd. I—XVII ff., 1841—1911 ff. Nebst Registern. Greifswald u. Leipzig, 8°.

Archiv für Anthropologie. Bd. I—XXVIII; neue Folge, Bd. I—X ff., 1866—1911 ff. Braunschweig, 4°.

Archiv für Biontologie, hgg. v. d. Gesell. naturf. Freunde, Berlin. Bd. II. Heft 2. Berlin, 4°.

Archiv für die gesamte Physiologie (Pflüger). Bd. I—CXXXIX ff., 1868—1911 ff. Bonn, 8°.

Archiv für mikroskopische Anatomie. Bd. I—LXXVI ff., 1865—1911 ff., nebst Supplementen und Registern. Bonn, 8°.

Archiv für Naturgeschichte. Bd. I—LXXVII ff., 1835—1911 ff., u. Register. Berlin, 8°.

Archiv für Naturkunde, hgg. v. d. Naturforscher-Gesellschaft der Universität Dorpat. 1. Serie, Bd. I—VIII; 2. Serie, Bd. I—IV, VII—XIII ff., °1857—1906 ff. Dorpat, 8°.

Archiv, internat., für Ethnographie. Bd. I—XX ff. u. Supplem., 1888—1911 ff. Leipzig, 4°.

Archiv, schweizerisches, für Volkskunde. Bd. I—XIV ff., 1897—1910 ff. Zürich, Basel, 8°.

Archives de la flore jurassienne; recherches à faire. Nos. 1—61, 63—64, 67. Besançon, 8°.

Archives de Zoologie expérimentales et générales. 2. Série, vol. I—X; 3. Série, vol. I—X; 4. Série, vol. I—X; 5. Série, vol. I—VI ff., 1883—1911 ff.; Beilage: Archives: Notes et Revue, 3. Série, vol. IX—X; 4. Série, vol. I—V, VIII—X; 5. Série, vol. I—II, V—VI ff. Paris, 8°.

Archives du Musée Teyler. 1. Série, vol. I—V; 2. Série, vol. I—XII ff., 1868—1910 ff. Haarlem, 8° u. 4°.

Archives néerlandaises des sciences exactes et naturelles, publ. par la Société hollandaise des sciences à Haarlem. 1. Série, vol. I—XXX; 2. Série, vol. I—XV ff., 1866—1910 ff. — Beilage: Oeuvres complètes de Christ. Huygens. Vol. I—XII ff. La Haye, 8°.

Archives, nouvels, du Musée d'histoire naturelle de Paris. 1. Série, vol. I—X (Archives du Musée d'hist. nat.); 2. Série, vol. I—X; 3. Série, vol. I—X ff., 1839—1899 ff. Paris, 8°.

Archivio per l'antropologia e la etnologia. Vol. XXI—XL ff., 1894—1910 ff. Firenze, 8°.

Archivos do Museu Nacional de Rio de Janeiro. Vol. I—VIII, X—XII ff., 1876—1892, 1897—1903 ff. Rio de Janeiro, 4°.

Arkiv (vorher: Bihang und Öfversigt, s. dort), K. Svenska Vetenskaps-Akademien. Abt. Mathematik, Astronomie und Physik, Bd. I—VI ff.: Kemi, Mineralogi und Geologi, Bd. I—IV ff.; Botanik, Bd. I—X ff.; Zoologi, Bd. I—VII ff. Stockholm, 8°.

Arsbok, Académie royale des sciences de Suède. 1903—1910 ff. Stockholm, 8°.

Arsbok, Sveriges geologiska Undersökning, Stockholm. Vol. I—III ff., 1907—09 ff. Stockholm, 8°.

Arskrift. Upsala Universitets-A. 1861—1909 ff. Mit Beilagen: Linnéskrifter. Vol. I—IV ff.; Bibliographia Linnaeana. Vol. I. p. 1—2 ff. Stockholm, Upsala, 8⁰.

Atti dell' Accademia Gioenia, Catania. Tomo I, 1825; 4. Seria, vol. IV—XX; 5. Seria, vol. I—II ff., 1892—1909 ff. Catania, 4⁰ u. 8⁰.

Atti della J. R. Accademia di scienze, lettere ed arti degli Agiati, Rovereto. 3. Seria, vol. III—XVI ff., 1897—1911 ff. Rovereto, 8⁰.

Atti della Pontificia Accademia romana dei Nuovi Lincei, Roma. Vol. LVI, LVIII—LIX, LXI—LXII ff., 1902—1903, 1905—1909 ff. Roma, 8⁰.

Atti della R. Accademia dei Lincei, Roma. 2. Seria, vol. I—VIII; 3. Seria, vol. I—VIII; 4. Seria, vol. I—VII; 5. Seria, vol. I—XX ff., 1873—1910 ff.; Atti: Rendiconti. Vol. CCXC—CCCVII ff., 1893—1910 ff. Roma, 4⁰.

Atti della R. Accademia delle scienze di Torino, Classe di science fisiche, matematiche e naturali. Vol. I—II, XVII—XLV ff., 1839—1840, 1881—1911 ff. Torino, 8⁰.

Atti della Società dei Naturalisti e matematici, Modena. 2. Seria, vol. XIV; 3. Seria, vol. I—XVI; 4. Seria, vol. I—III, VI—XI ff. Modena, 4⁰.

Atti della Società italiana di scienze naturali e del Museo Civico di Milano. Vol. I—XLIX ff., 1859—1911 ff. Milano, Pavia, 8⁰.

Atti della Società Ligustica di scienze naturali e geographiche, Genova. Vol. XII—XXI ff., 1901—1911 ff. Genova, 8⁰.

Atti della Società romana di Antropologia, Roma. Vol. I—XV ff., 1895—1910 ff. Roma, 8⁰.

Atti della Società toscana di scienze naturali. Atti: Memorie. °Vol. I—XV, XVI—XXV ff.; Atti: Processi verbali. Vol. I—XIX ff., °1872 ff. Pisa, 8⁰.

Atti della Società Veneto-Trentina-Istriana di scienze naturali, Padova. 1. Seria, vol. V—XII; 2. Seria, vol. I—V; 3. Seria, vol. I—III ff., 1877—1910 ff. Padova, 8⁰.

Atti del Museo Civico di storia naturale, Trieste. Vol. X. Trieste, 8⁰.

Aus der Heimat — Für die Heimat. Beiträge zur Naturkunde des Gebietes zwischen Elb- und Wesermündung, zugleich Jahrbuch des Vereins für Naturkunde an der Unterweser. Neue Folge, Heft 1 ff., 1898—1904 ff. Beilage: Separate Abhandlungen. Nr. 1—2 ff. Bremerhaven-Geestemünde, 8⁰.

Auto-Riassunti e Riviste dei Lavori italiani di medicina interna ed argomenti prossimiori. Vol. I—IV ff., 1903—1906 ff. Parma, 8⁰.

Barrande, Joachim: Système silurien du centre de la Bohème. I. partie: Recherches paléontologiques. Vol. I—VIII, p. 1 ff., 1852—1910 ff. Prague, 4⁰.

Bauzeitung, schweizer., hgg. vom Schweizer. Ingenieur- und Architekten-Verein. Bd. XXV—LVII ff., 1895—1911 ff. Zürich, 4⁰.

Beiblätter zu den Annalen der Physik. Bd. I—XXXV ff. Leipzig, 8⁰.

Beiträge, zoologische. Bd. I—III ff., 1883—1893 ff. Breslau, 8⁰.

Beiträge zur geol. Karte der Schweiz, hgg. von der Geolog. Kommission der Schweizer. Naturforsch. Gesellschaft. Lieferung 1—59 ff., 1863 ff. — Beiträge zur Geologie der Schweiz, geotechnische Serie. Lieferung 1—4 ff. Bern etc., 4⁰.

Beiträge zur Geophysik, Zeitschrift für physikalische Erdkunde (Gerland). Bd. I—X ff., 1887—1910 ff. Stuttgart, 8⁰.

Beiträge zur Kryptogamenflora der Schweiz, hgg. von der Schweizer. botan. Gesellschaft. Bd. I—III, Heft 1 ff. Bern, 8⁰.

Beiträge zur Landeskunde, Linz, s. Jahresbericht, Linz.

Beiträge zur Paläontologie und Geologie Oesterreich-Ungarns und des Orients. Bd. I bis XXIII ff., 1880—1910 ff. Wien. 4⁰.

Beobachtungen der Schweizer. meteorolog. Centralanstalt, s. Annalen.

Beobachtungen des Astrophysikalischen (kgl. ungar. meteorolog.-magnet.) Observatoriums in O'Gyalla. 1903—1905 ff. O'Gyalla-Budapest, 4⁰.

Beobachtungen, meteorologische, hgg. von der Naturforschenden Gesellschaft Zürich. 1837 bis 1846 (s. auch Abhandlungen, Berichte, Mitteilungen u. Vierteljahrsschrift). Zürich, 8°.

Beobachtungen, schweizer. hydrometrische, s. Darstellung, graphische.

Beobachtungen und Entdeckungen, Berlin, s. Schriften, Berlin.

Bericht, amtlicher, über die Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte, s. Verhandlungen ü. d. V. d. N. u. Ä.

Bericht der Gesellschaft „Philomathia" in Neisse. Bd. XIV, XVI—XIX, XXI—XXIII, XXIX—XXX ff., °1849 ff. Neisse, 8°.

Bericht der Meteorologischen Kommission des Naturforschenden Vereins Brünn. Nr. 8 bis 25 ff., 1888—1905 ff. Brünn, 8°.

Bericht der Naturforschenden Gesellschaft Bamberg. Bd. I—XIV, XVI—XXI ff., °1852—1909 ff. Bamberg, 8°.

Bericht der Naturwissenschaftlichen Gesellschaft Chemnitz. Bd. I—XV ff., 1859—1903 ff. Chemnitz, 8°.

Bericht der Naturwissenschaftlichen Gesellschaft St. Gallen. 1857—1901. (vorher s. Verhandlungen, Fortsetzung s. Jahrbuch.) St. Gallen, 8°.

Bericht der Oberhessischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde in Giessen. Bd. III bis XXXIV, 1853—1905; neue Folge, medizin. Abt., Bd. I—V ff.; naturwissenschaftl. Abt., Bd. I—III ff. Nebst Register zu Bd. I—XXXIV, alte Folge. Giessen, 8°.

Bericht der Schweizer. Landesbibliothek. Nr. 9—10 ff., 1905—1909 ff. Bern, 8°.

Bericht der Senckenberg'schen naturforschenden Gesellschaft in Frankfurt a./M. 1868 bis 1910 ff. Frankfurt a./M., 8°.

Bericht der Wetterau'schen Gesellschaft für die gesamte Naturkunde. 1847—1883 (unter dem Titel Jahresbericht); 1889—1909 ff. Hanau, 8°.

Bericht des Botanischen Vereins Landshut, s. Bericht des Naturwissenschaftlichen Vereins L.

Bericht des Naturwissenschaftlichen (früher Botanischen) Vereins Landshut. Bd. II—XVII ff., 1866—1906 ff. Landshut, 8°.

Bericht des Naturwissenschaftlichen (naturhistorischen) Vereins Passau. Bd. VII—XX ff., 1865—1907 ff. Passau, 8°.

Bericht des Naturwissenschaftlichen Vereins für Schwaben und Neuburg (des Naturhistor. Vereins Augsburg). Bd. VIII—XXXVIII ff., 1855—1908 ff. Augsburg, 8°.

Bericht des Nordoberfränkischen Vereins für Natur-, Geschichts- u. Landeskunde. Bd. I bis V ff. Hof i./B., 8°.

Bericht des Vereins für Naturkunde in Fulda. Bd. I—IX ff., 1865 ff. (nebst Ergänzungsheften). Fulda, 8°.

Bericht des Vereins für Naturkunde in Offenbach. Bd. I—XIV, XVII—L ff., °1869 bis 1909 ff. Offenbach, 8°.

Bericht über den Annaberg-Buchholzer-Verein für Naturkunde. Bd. IX—XII ff., 1888 bis 1909 ff. (früher Jahresbericht, s. dort). Annaberg, 8°.

Bericht über die Tätigkeit der kgl. Ungar. Reichsanstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus und des Central-Observatoriums in O'Gyalla. Bd. I—VIII ff., 1900 bis 1907 ff. Budapest, 8°.

Bericht über die Tätigkeit der Naturforschenden Gesellschaft in Solothurn. Bd. I—XII, 1878—1899. (Fortsetzung s. unter Mitteilungen.) Solothurn, 8°.

Bericht über die Tätigkeit der Naturwissenschaftlichen Gesellschaft „Isis" zu Bautzen (Sachsen), 1906—1909 ff. (früher Sitzungsberichte und Abhandlungen, s. dort). Bautzen, 8°.

Bericht über die Tätigkeit des kgl. Preuss. meteorolog. Instituts. 1891—1909 ff. Berlin, 8°.

Bericht über die Verhandlungen der kgl. Preuss. Akademie der Wissenschaften, Berlin, s. Sitzungsberichte.

Bericht (und Abhandlungen) des Lehrer-Klubs für Naturkunde (Sektion des Brünner Lehrer-Vereins). Bd. VI—IX ff., 1903—1908 ff. Brünn, 8⁰.

Berichte der Bayerischen botanischen Gesellschaft zur Erforschung der heimischen Flora. Bd. I—XII ff. München, 8⁰.

Berichte der Deutschen chemischen Gesellschaft, Berlin. Bd. I—XLIV ff., 1868—1911 ff. Berlin 8⁰.

Berichte der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg i./B. Bd. I—VIII; neue Folge, Bd. I—XVIII ff., 1858—1911 ff. Nebst Festschrift 1871 u. 1883. Freiburg i./B., 8⁰

Berichte der Schweizer. botan. Gesellschaft. Bd. I—XIX ff., 1891—1910 ff. (enthalten u. a. den Jahresbericht der Zürcher. botan. Gesellschaft). Bern, 8⁰.

Berichte des Naturwissenschaftl.-medizin. Vereins Innsbruck. Bd. I—XXIII, XXV bis XXXI, XXXIII ff., °1870—1910 ff. Innsbruck, 8⁰.

Berichte des Naturwissenschaftlichen Vereins Regensburg. (vorher (Bd. I—XL) unter dem Titel: Korrespondenzblatt); Bd. I—XII ff., 1847—1909 ff. Regensburg, 8⁰.

Berichte, mathematische und naturwissenschaftliche, Regia Societas scientarum naturalium hungarica. Bd. I—XXV ff., 1884—1907 ff. Nebst Beilage: Aquila. Bd. VII bis XVI ff., 1900—1909 ff. Budapest, 8⁰.

Berichte über die Verhandlungen der kgl. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften. Allgemeiner Teil; naturwissenschaftlicher Teil; mathemat.-naturwissenschaftliche Klasse, mathemat. Teil. 1849—1910 ff. Leipzig, 8⁰.

Berichte über die Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft Zürich. 1825 bis 1837 (früher Abhandlungen, später Beobachtungen, bezw. Mitteilungen, jetzt Vierteljahrsschrift, s. dort). Zürich, 8⁰.

Beschäftigungen der Gesellschaft naturforschender Freunde in Berlin. 4 Bde. 1775 bis 1779. (Fortsetzung s. Schriften.) Berlin, 8⁰.

Bibliotheca botanica. Heft °1—74 ff. (alles vorhanden, was erschienen). Stuttgart, 4⁰.

Bidrag, Finska Vetenskaps-Societeten, Helsingsfors. Heft XLIX—LXVIII ff., 1891 ff. Helsingfors, 8⁰.

Bihang, Académie royale des sciences à Stockholm. Bd. I—XXVIII. (Fortsetzung s. Arkiv.) Stockholm, 8⁰.

Blätter, technische, hgg. v. Deutschen polytechnischen Verein in Prag. Bd. I—XXX, Heft 1—3; XXXII—XLII ff., °1869—1910 ff. Prag, 8⁰.

Bösenberg, W.: Die Spinnen Deutschlands. (Zoologica, Heft 35, I—V, 1903). Stuttgart, 4⁰.

Boletim do Museu Paraense (Museu Goeldi), Para. Bd. II—VI ff., 1897—1909 ff. Pará (Brazil), 8⁰.

Boletim, Sociedade de geographia, Lisboa. Seria II, Heft 4—10; Seria III. V, VII, IX—XXVIII ff., 1881—1910 ff. Lisboa, 8⁰.

Boletin, Academia nacional de ciencias de la Republica argentina en Cordoba. Bd. III bis XVIII ff., 1879 ff. Cordoba, Buenos-Ayres, 8⁰.

Boletin de la segretaria de Agricultura, Mineria e Industrias, Segretario de Fomento, Mexico. °Vol. VII—X ff. Mexico, 8⁰.

Boletin de la Sociedad Aragonesa de Ciencias naturales, Zaragoza. Tomo IV—X ff. 1905—1911 ff. Zaragoza, 8⁰.

Boletin de la Sociedad Nacional de Agricultura, Ministero de Fomento, San José. Vol. I—II ff., 1906—1907 ff. San José (Costa Rica), 8⁰.

Boletin del Istituto geologico de Mexico. Nr. 10—14, Teil 1; 15, Teil 2—17, 20 bis 26 ff. Nebst Beilage: Parergones, s. dort. Mexico, 8⁰.

Boletin, Direccion de estadistica de Mexico. Nr. 3, 8, 10, 1889—1892. Mexico, 8⁰.

Boletin mensual, Observatorio meteorologico central de Mexico. °1890—1910 ff. Mexico, 4⁰.

Boletin, Observatorio astronomico nacional de Tacubaya, Mexico. Vol. I—II ff. Mexico, 4⁰.

Bollettino del Laboratorio di Zoologia generale e agraria della R. Scuola superiore d'agricoltura in Portici. Vol. I—IV ff. Portici, 8°.

Bollettino del R. Comitato geologico d'Italia, Roma. Vol. I—XLI ff., 1870—1910 ff. Mit Einzelbeilage: Memorie per servire alla descrizione della carta geologica d'Italia, pubblicate a cura del R. Comitato geologico del regno. Vol. V, parte 1, 1909. Firenze, Roma, 8°.

Bollettino del R. Orto botanico di Palermo, R. Istituto botanico. Vol. II—III ff. Palermo, 8°.

Bollettino della Società geologica italiana, Roma. Vol. XXIX ff., 1910 ff. Roma, 8°.

Bollettino della Società romana per gli studi zoologici, s. Bollettino della Società zoologica italiana.

Bollettino della Società ticinese di scienze naturali. Vol. I—VI ff., 1904—1910 ff. Locarno, Lugano, 8.

Bollettino della Società zoologica italiana (früher B. della Società romana per gli studi zoologici). Vol. I—XIX ff., in 2 Serien, 1892—1910 ff. Roma, 8°.

Bollettino delle sedute dell'Accademia Gioenia, Catania (früher Bullettino). No. 30—94; neue Folge, Nr. 1—13 ff., 1893—1910 ff. Catania. 8°.

Bollettino di bibliografia. Vol. VI, VII, Januar—September, VIII—XII ff., 1903 bis 1910 ff. Nebst Formulaire, vol. II—V ff. (Beilagen zu: Revue de mathématiques.) Torino, 8°.

Bulletin, Böhm. Kaiser Franz Josef-Akademie der Wissenschaften, Literatur und Kunst, Prag, s. Rozpravy.

Bulletin, Academy of natural sciences, Chicago. Geological and natural history survey. Vol. °I—VII ff.; Botanical survey, No. 1—3 ff. Beilage; Special Publications, No. 1 ff. Chicago, 8°.

Bulletin, Agricultural Experiment Station, University of Nebraska. No. 12—17, 19, 21, 24—27, 29—30, 32—34, 36, 38—41, 43—45, 47—64, 69—70, 72—74, 76 bis 80, 84, 91—116 ff. = Vol. °I—XXII ff. Beilagen: University Bulletin. °Vol. IV, VI—VII, XII, XV ff.; Press Bulletin, No. 16, 28—33 ff. Lincoln, 8.

Bulletin, American Museum of Natural History, New York. Vol. XII, XVII, p. 1—2 ff. New York, 8°.

Bulletin, College of Agriculture, University of California. No. 155—191 ff. Beilage: Quarterly Bulletin, °Vol. V—VIII ff. Berkeley, 8°.

Bulletin, Department of Agriculture, Washington. Division of Ornithology and Mammalogy. No. 1—6, 8; Fortsetzung: Division of biological survey. No. 9—14 ff. Section of foreign markets. No. 16—18, 20—23 ff. Washington, 8°.

Bulletin, Essex Institute, Salem. No. 1—30 ff., 1869 ff. Salem (U. S. A.), 8°.

Bulletin, Museum of comparative zoology, Cambridge (Mass.). No. 4—42 ff., 1878 ff. Cambridge, 8°.

Bulletin of the American mathematical Society, Lancaster. 2. Series, No. 1—17 ff., 1895 ff. Lancaster, 8°.

Bulletin of the Buffalo Society of natural sciences. Vol. I—VI, VII, p. 1, VIII—IX ff., °1873 ff. Buffalo, 8°.

Bulletin of the Geological and natural history survey of Minnesota. Vol. I—X ff., 1889—1898 ff. Minneapolis, 8°.

Bulletin of the Geological Institution, University of Upsala. Vol. I—X ff. = Heft 1—20 ff., 1892—1911 ff.; 200jähr. Festschrift 1910 u. Index zu vol. I—X. Upsala, 8°.

Bulletin of the Lloyd Library of botany, pharmacy and materia medica, Cincinnati. Vol. I—XIII ff., 1900 ff. Mit Beilage: Mycological notes. No. 5—8, 19—35 ff. Cincinnati, 8°.

Bulletin of the Madras Government Museum. Vol. I—V ff., 1894—1907 ff. und Beilagen. Madras, 8°.

Bulletin of the Minnesota Academy of natural sciences. Vol. III—IV ff. Minneapolis, 8°.
Bulletin of the New York Botanical Garden. Bd. II—VII ff. = Nos. 6—25 ff. New York, 8°.
Bulletin of the Philosophical Society, Washington. Vol. I—XV ff., 1874—1910 ff. Washington, 8°.
Bulletin of the Public Museum of the City of Milwaukee. Vol. I ff. Milwaukee, 8°.
Bulletin of the Torrey botanical Club. °Vol. XXV—XXXVI ff. Lancaster (U. S. A.), 8°.
Bulletin of the U. S. Geological Survey, Department of the Interior. °No. 1—444 ff., °1874 ff. Mit Beilagen: Water supply and irrigation papers. °No. 65—264 ff.; Ethnological Survey, Publications, No. 1—2, 4 ff.; Mineral resources of the U. S., 1901—1908 ff. Washington, 8°.
Bulletin of the U. S. National Museum, Smithsonian Institution. No. 25—48, 50—69, 71—74 ff.; American Bureau of ethnology. Bulletin °Nr. 25—49 ff. Beilage: Special Bulletin. P. 1—2 ff. Washington, 8°.
Bulletin of the University of Montana, biological Station. Biological series. Vol. I, No. 3—9, 12—14 ff.; University Bulletin. No. 10, 13—14, 20—21, 23, 25—26, 28—33, 35—37, 39—42, 48, 50—54, 56 ff. Missoula, 8°.
Bulletin of the University of the State of New York, New York State Museum. No. 66 ff. New York und Albany, 8°.
Bulletin of the Wisconsin geological and natural history survey. Educational, scientific and economic series. No. 1—18, 20 ff. Madison, 8°.
Bulletin, Science B., Kansas University (früher Kansas University Quarterly, s. dort), °Vol. I—IV, VI—VII, IX, XI ff. Beilage: University geological survey. No. 8 bis 9 ff. Lawrence, 8°.
Bulletin, Science B., Museum of the Brooklyn Institute of Arts and Sciences. Vol. I. No. 1—14, 16—17 ff. Beilagen: Cold spring harbour monographs. No. 1—5, 7 ff. Memoirs of natural sciences. Vol. I, No. 1 ff. Brooklyn und New York, 8°.
Bulletin. University B., University of Pennsylvania. Series °3—9 ff. Philadelphia, 8°.
Bulletin, University of Illinois, Bureau of Geology and Mines. University Bulletin, 2. Series, vol. VI—IX ff. Bulletin, Agricultural experiment Station. (Circular.) No. 131, 133—134, 137—143, 145—148 ff. Bulletin, State geological Survey. No. 9—15 ff. Urbana, 8°.
Bulletin, Wilson ornithological Club, s. Wilson Bulletin.
Bulletin, Wisconsin natural history society. New Series, vol. I—VIII ff., 1900—1910 ff. Milwaukee, 8°.
Bulletin de l'Académie impériale des Sciences de St. Pétersbourg. 1843—1855; vol. I—XXXIV, 1860—1892; 5. Série, vol. I—XXIV, 1894—1906, 6. Série, 1907 bis 1911 ff. St. Pétersbourg, 4°.
Bulletin de la Classe des sciences de l'Académie royale de Belgique. 2. Série, vol. I—XIX, XXII—XXVIII, XXXI—L; 3. Série, vol. I—XXXVI, und 1899—1910 ff., 1857—1910 ff. Bruxelles, 8°.
Bulletin de la Murithienne, Société valaisanne des sciences naturelles. No. 4, 7—15, 15—35 ff., °1868—1908 ff. Sion etc., 8°.
Bulletin de la Société belge de géologie (mit Bulletin: Mémoires, et Procès-verbaux). Vol. I—XXIV ff., 1887—1910 ff. Bruxelles, 8°.
Bulletin de la Société belge de microscopie. Vol. XI—XXV ff., 1884—1899 ff. Bruxelles, 8°.
Bulletin de la Société botanique de France. Vol. I—LVII ff., 1854—1910 ff. et Sessions extraordinaires. Beilage: Bulletin: Mémoires. °Vol. LII—LVII ff. Paris, 8°.
Bulletin de la Société d'Anthropologie de Lyon. Vol. I—XV, XVI p. 1, XVII. °1881—1899. Lyon, 8°.
Bulletin de la Société des Naturalistes de l'Ain. Vol. VIII—XXVIII ff., 1901—1911 ff. Bourg, 8°.

Bulletin de la Société des sciences de Nancy. 2. Série, vol. I—XXXIV; 3. Série, vol. I—XI ff., 1874—1910 ff. Nancy, 8°.

Bulletin de la Société des sciences naturelles de l'Ouest de la France à Nantes. 1. Série, vol. III—X; 2. Série, vol. I—X ff., 1893—1910 ff. Nantes, 8°.

Bulletin de la Société des sciences naturelles de Neuchâtel. Vol. I—XXXVI ff., 1844 bis 1909 ff. Neuchâtel, 8°.

Bulletin de la Société d'études scientifiques d'Angers. Nouv. Série, vol. XVII—XXXVIII ff., 1888—1908 ff. Angers, 8°.

Bulletin de la Société d'études scientifiques de Béziers. Vol. II—XXX ff., 1877—1908 ff. Béziers, 8°.

Bulletin de la Société d'histoire naturelle d'Autun. Vol. IX—XXII ff., 1896—1909 ff. Autun, 8°.

Bulletin de la Société d'histoire naturelle de Colmar, s. Mitteilungen der Naturhistor. Gesellschaft Colmar.

Bulletin de la Société d'histoire naturelle de Toulouse. Vol. XX—XLIV ff., 1886 bis 1909 ff. Toulouse, 8°.

Bulletin de la Société d'histoire naturelle des Ardennes à Charleville. 1. Série, vol. I—XIV ff., 1896—1907 ff. Charleville, 8°.

Bulletin de la Société entomologique d'Egypte. 1908—1910 ff. Le Caire, 8°.

Bulletin de la Société fribourgeoise des sciences naturelles. Vol. I—XVII ff., 1879 bis 1909 ff. Fribourg, 8°.

Bulletin de la Société géologique de France. 1. Série, vol. I, III, V, XII—XIV; 2. Série, vol. I—XXVI; 3. Série, vol. I—XXVIII; 4. Série, vol. I—X ff., °1832—1910 ff. Paris, 8°.

Bulletin de la Société impériale des Naturalistes de Moscou. Vol. I—LXIII; nouv. Série, vol. I—XXIII ff., 1837—1910 ff. Moscou, 8°.

Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse. Vol. I—XV, XXV—LXXX ff. Atlas zu vol. XXX; 1833—1911 ff. Beilage: Verzeichnis der Preisaufgaben, für 1901 bis 1911 ff. Mulhouse, 8°.

Bulletin de la Société Linnéenne de Bordeaux, s. Actes, Bordeaux.

Bulletin de la Société mathématique de France. Vol. I—II, VI—XXXVIII ff., °1873 bis 1911 ff. Paris, 8°.

Bulletin de la Société neuchâteloise de géographie. Vol. VIII—XX ff., 1894—1910 ff. Neuchâtel, 8°.

Bulletin de la Société ouralienne d'amateurs des sciences naturelles. Vol. I, No. 2; II, No. 1; III, No. 1—2; VII, No. 1; XX, No. 1, XXI, XXVI ff., °1874 ff. St. Pétersbourg, Ekatherinebourg, 8°.

Bulletin de la Société philomatique de Paris. 1791—1804, 1807—1824, 1864—1910 ff. Paris, 8°.

Bulletin de la Société polonaise pour l'avancement des sciences. Vol. I—IX ff., 1901 bis 1909 ff. Lwow, 8°.

Bulletin de la Société portugaise de sciences naturelles. Vol. I—IV ff., et Suppléments, 1907—1910 ff. Lisbonne, 8°.

Bulletin de la Société royale de botanique de Belgique. Vol. I—XLVII ff., 1862—1910 ff. Bruxelles, 8°.

Bulletin de la Société royale de géographie à Anvers. Vol. XVII—XXXIV ff., 1892 bis 1910 ff. Anvers, 4°.

Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles. Vol. I—XLVI ff., 1842—1910 ff. Lausanne, 8°.

Bulletin de l'Institut National Genevois. Vol. XXXVIII—XXXIX ff., 1909 ff. Genève, 8⁰.
Bulletin du Comité géologique de St. Pétersbourg. Vol. VI—XXVIII ff., 1887—1909 ff. Avec Suppléments. St. Pétersbourg, fol.
Bulletin du Jardin botanique de St. Pétersbourg. 1901, livraison 1. St. Pétersbourg. 8⁰
Bulletin et Carte géologique de la Commission géologique de Finlande. 1890—1908 ff. u. No. 1—23 ff., sowie Blatt 16—37 ff. (Kartenbeilagen) Helsingfors, 8⁰ u. fol.
Bulletin et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Bruxelles. Vol. I—XXVII ff., 1882—1908 ff. Bruxelles, 8⁰.
Bulletin international, Prague, s. Rozpravy.
Bulletin mensuel de l'Académie des Sciences et Lettres, section des sciences, à Montpellier. 1909—1911 ff. Montpellier, 8⁰.
Bulletin mensuel, Strasbourg, s. Monatsbericht, Strassburg.
Bulletin scientifique de la France et de la Belgique, Paris. Vol. XX—XLIV ff., 1889 bis 1910 ff. Paris, 8⁰.
Bulletin, Société des Naturalistes luxembourgeois (früher: Recueil des Mémoires et Travaux de la Société botanique du Grand Duché de Luxembourg, s. dort). Nouv. Série, Vol. I—II ff., 1907—1908 ff. Luxembourg, 8⁰.
Bullettino, Catania, s. Bollettino.

Calendar, University of Tokyo, s. Journal, Tokyo.
Carinthia II. Mitteilungen des Naturhistorischen Landesmuseums für Kärnten. Bd. XCIII bis C ff., 1903—1910 ff. Klagenfurt, 8⁰.
Cellule, la. Vol. VI—XXVI ff. Paris, 4⁰.
Centralblatt, biologisches. Bd. I—XXX ff., 1881—1911 ff. Erlangen, 8⁰.
Centralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie. 1900—1911 ff. Stuttgart, 8⁰.
Centralblatt für Physiologie. Bd. XV—XXIV ff., 1901—1910 ff. Leipzig, 8⁰.
Choffat: Recueil de monographies statigraphiques sur le système crétacique du Portugal, mit Beilagen. ⁰Vol. I ff. Lisboa, 8⁰.
Circular, College of Agriculture, University of California. No. 5—13 ff. Berkeley, 8⁰.
Circular, University of Illinois, s. Bulletin, Urbana.
Circulars, John Hopkins University, Baltimore. ⁰No. 1—231 ff., ⁰1882—1911 ff. Baltimore, 4⁰.
Circulars, Royal botanic garden, Peradenija. Vol. I, No. 2—3; II—V ff., 1897—1910 ff. Peradenija-Colombo, 8⁰.
Collections, miscellaneous, Smithsonian Institution, U. S. National Museum. Vol. I bis XXXIII, XXXV—XXXVIII, XL—XLIII ff., 1862 ff. Washington, 8⁰.
Commentarii Academiae Petropolitanae, s. Mémoires, St. Pétersbourg.
Compte-rendu de l'Association française pour l'avancement des sciences. Session I bis XXXVII ff., 1872—1908 ff. Paris, 8⁰.
Compte-rendu de la Société d'émulation de Montbéliard, s. Mémoires, Montbéliard.
Compte-rendu des séances de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève. 1910 ff. Genève, 8⁰.
Compte-rendu des travaux de la Société helvétique des sciences naturelles. Session I bis XCIII ff., 1817—1910 ff. (s. auch Verhandlungen, Bern). Genève, 8⁰.
Comptes-rendus de l'Académie des sciences de Paris. Vol. I—CLII ff., 1835—1911 ff. Paris, 4⁰.
Comptes-rendus de la Société de biologie, Paris. Vol. XLIV—LXX ff., 1892—1911 ff. Paris, 8⁰.
Comptes-rendus des séances de la Société géologique de France. 1893, No. 18; 1894, No. 1—18; 1895, No. 1—18; 1896, No. 1—18. Paris, 8⁰.
Comptes-rendus des travaux, St. Pétersbourg, s. Travaux, St. Pétersbourg.

Comunicaciones, Museo Nacional de Buenos-Ayres. Vol. I, No. 1—10 ff. Buenos-Ayres, 8°.
Comunicaçoes, Direcção dos serviços geologicos, Lisboa. Vol. I—VII ff. Lisboa, 8°.
Connaissance des temps, publ. par le Bureau de longitudes, Paris. 1751—1912 ff. Paris, 8°.
Contributions from the U. S. National herbarium, U. S. Department of agriculture, division of botany. °Vol. I—V, VII, IX—XV ff., °1890—1910 ff. Washington, 8°.
Contributions, Smithsonian, to knowledge. (Hodkins Fund.) °Vol. I—XXVI, XXVIII bis XXXIV ff., °1848 ff. Washington, 4°.
Contributions to Canadian palaeontology, geological survey of Canada. °Vol. I—IV ff., mit Beilagen. Ottawa, 8°.
Contributions, Zoological and botanical laboratory, University of Pennsylvania, s. Publications, Boston und Philadelphia.
Contribuzioni alla biologia vegetale, R. Istituto botanico di Palermo. Vol. II—IV ff. Palermo, 8°.
Correspondenzblatt, s. Korrespondenzblatt.
Cunningham Memoirs, Royal Irish Academy, Dublin. Vol. I—VII, IX—X ff., °1886 bis 1894 ff. Dublin, 4°.

Darstellung, graphische, der schweizer. hydrometrischen Beobachtungen, hgg. von der hydrometrischen Abteilung des eidgen. Oberbauinspektorates. 1874—1908 ff. Beilage: Hauptergebnisse 1886—1890, 1892—1893, 1895—1902, 1905—1907 ff., und Kartenbeilagen. Bern, fol.
Demografia, s. Anuario, La Plata.
Denkschrift auf die Säkularfeier der Zürcher. Naturforsch. Gesellschaft. 1846. Zürich, 4°.
Denkschriften der Allgemeinen schweizer. Gesellschaft für die gesamten Naturwissenschaften. Bd. I (einziger) 1829—30. Zürich, 4°. (Fortsetzung s. Denkschriften, neue...)
Denkschriften der Botanischen Gesellschaft Flora, Regensburg (früher: Flora oder botanische Zeitung. Bd. I—XXII, 1818—1839; neue Folge, Bd. XX—XLVI, 1843—1888). Alte Folge, Bd. I—V, Teil 1; VI; VII—IX ff. = neue Folge, Bd. I—IV ff. Regensburg i./Bayern, 8°.
Denkschriften der kgl. Akademie der Wissenschaften, mathemat.-naturwissenschaftliche Klasse, Wien. °Bd. I—LXXXVI ff., °1850—1911 ff. (alles vorhanden, was erschienen). Wien, 4°.
Denkschriften, neue, der Allgemeinen schweizer. Gesellschaft für die gesamten Naturwissenschaften. (Mémoires de la Société helvétique des sciences naturelles.) Bd. I—XLVI ff., 1837—1911 ff. (früher Denkschriften d. A. s. G. f. d. g. N., s. dort) Zürich, 4°.
Dreiecknetz, das schweizerische (jetzt unter dem Titel: Internation. Erdmessung; astronom.-geodät. Arbeiten in der Schweiz, hgg. von der Schweizer. geodät. Kommission). Bd. I—XII ff., 1881—1910 ff. Zürich, 4°.
Drygalski, s. Süd-Polar-Expedition 1901—1903, deutsche.

Eclogae geologicae helvetiae. Vol. I—XI ff., 1888—1910 ff. Lausanne, 8°.
Engler & Prantl: Die natürlichen Pflanzenfamilien. Heft 1—242 ff. Mit Ergänzungsheften, Bd. I; II, Lfg. 1—4 ff., und Register. Leipzig, 4°.
Erdmessung, internat., s. Dreiecknetz, das schweizer.
Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen, Bremen, s. Jahrbuch, Deutsches meteorologisches, Bremen.
Ergebnisse der Plankton-Expedition. °Bd. I—V ff. (alles vorhanden, was erschienen). Kiel, 4°.
Ergebnisse, kgl. Preussisches meteorolog. Institut, s. Veröffentlichungen des kgl. preuss. m. J.
Etudes des gîtes minéraux de la France, Ministère des travaux publics. Vol. I ff. 1891—1904 ff. Paris, 8°.

Fauna. North American F., Department of Agriculture. Ornithology. No. 1—5, 7—8, 10—12. Fortsetzung: Division of biological survey. No. 13—22 ff. Washington, 8°.

Fauna und Flora des Golfes von Neapel. Jahrg. I—XXIV ff. = Bd. I—XXXIII ff., 1881—1910 ff. Leipzig, Berlin, 4°.

Feuille, la. Publ. par la Société des Jeunes Naturalistes de Paris. Vol. I—XLI ff., 1881—1911 ff. Paris, 8°.

Fischerei-Zeitung, schweizer. Bd. II—XIX ff., 1894—1911 ff. Zürich, 4°.

Fleischer: Die Musci der Flora von Buitenzorg. Bd. I—III ff., 1902—1908 ff. (Flora v. Buitenzorg). Leiden, 8°.

Flora oder botanische Zeitung, Regensburg, s. Denkschriften, Regensburg.

Flora von Buitenzorg, s. Annales du Jardin botanique de Buitenzorg, sowie Fleischer, u. Smith.

Flora uruguaya, Montevideo, s. Anales, Montevideo.

Földtani, s. Zeitschrift der Ungar. geolog. Gesellschaft, Budapest.

Forhandlingar, Kjobnhavn, s. Oversigt, Kjobnhavn.

Forhandlingar, Widenskabs-Selskabet, Christiania. 1858—1909 ff. Christiania, 8°.

Formulaire, s. Bollettino di bibliografia.

Forschungen zur deutschen Landes- und Volkskunde. Bd. I—XIX ff., 1886—1911 ff. Stuttgart, 8°.

Gauss, C. F. G. Werke, hgg. von der kgl. Gesellschaft der Wissenschaften, Göttingen. Bd. I—IX ff., u. Supplem., 1863 ff. Göttingen, 8°.

Gazetta chimica, Palermo, Vol. I—XLI ff., 1871—1910 ff. Palermo, 8°.

Gazette, agricultural, of New South Wales. Vol. II—XXI ff., 1891—1910 ff. Sidney, 8°.

Gazette, the botanical, publ. by the University of Chicago. Vol. XXXVI—LI ff., 1903 bis 1911 ff. Mit Beilage: Decennial Publications. Vol. X, 14 Hefte. Chicago, 8°.

Gerland, s. Beiträge zur Geophysik.

Giornale della Società di scienze naturali ed economiche di Palermo. Anno 1869, vol. V, fasc. 3—4, parte 1, und vol. XXII—XXVII ff., 1899—1909 ff. Palermo, 8°.

Giornale di matematiche. Vol. XXX—XLIX ff., 1892—1911 ff. Napoli, 4°.

Glasnik, Societas historico-naturalis croatica. Vol. I, VI—XXI ff. Agram (Zagreb), 8°.

Handelingen van het Vlaamsch natuur-en geneeskundig Congres. Vol. III—XIII ff., 1899—1909 ff. Gent-Antwerpen, 8°.

Handlingar Académie royale des sciences à Stockholm. 1848—1854, und neue Serie, vol. I—XLVI ff., 1858—1910 ff. Stockholm, 8° und 4°.

Hauptergebnisse, s. Darstellung, graphische.

Hedwigia, Organ für Kryptogamenkunde. Bd. I—L ff. Dresden, 8°.

Helios. Abhandlungen und Mitteilungen (monatliche) aus dem Gesamtgebiete der Naturwissenschaften, hgg. v. Naturwissenschaftl. Verein des Regier.-Bezirkes Frankfurt a/Oder. Bd. IX—XXVI ff. Berlin, 8°.

Hemel en Dampkring. Orgaan van de Nederlandsche Vereeniging voor Weer-en Sterrenkunde. Vol. I—VIII ff., 1903—1910 ff. Utrecht, 8°.

Huygens, Oeuvres complètes, s. Archives néerlandaises, La Haye.

Industrie-Zeitung, Riga'sche; Organ des Technischen Vereins zu Riga. Bd. II—XXXVII ff., 1876—1911 ff. Nebst Notizblatt 1875. Riga, 4°.

Informe, Museo Nacional de Costa Rica. Vol. I—II ff., 1898—1900 ff. San José, 8°.

Informes, Segretario de Fomento, Mexico. 1899—1903 ff. Mexico, 8°.

Instructor, el. Publicacion mensual cientifica, literaria y de filologia. ○ Vol. XI—XXVI ff. Aguascalientes (Mexico), 4°.

Jaarboek, botanisch, door het Kruidkundig Genootschap „Dodonaea", Gent. Vol. I—X ff., 1889—1898 ff. Gent, 8°.

Jaarboek, koningl. Akademie der Wetenschappen, Amsterdam. 1895—1909 ff. Amsterdam, 8°.

Jaarboek, meteorolog., koningl. Nederlandsch meteorolog. Instituut. Vol. XIX—LX ff., 1855—1908 ff., Abt. A & B. Utrecht, 4⁰.

Jägerskiöld: Results of the Swedish zoological Expedition to Egypt & the White Nile 1901. (Universität Upsala.) Part I—III ff. Upsala, 4⁰.

Jahrbuch, Berliner astronomisches, hgg. v. d. Rechen-Institut der kgl. Sternwarte zu Berlin für 1776—1912 ff. Nebst Supplementen und Namen- und Sachregister. Berlin, 8⁰.

Jahrbuch der k. k. Geolog. Reichsanstalt, Wien. Bd. I—LX ff., 1850—1910 ff., und General-Register. Wien, 8⁰.

Jahrbuch der Naturwissenschaftl. Gesellschaft St. Gallen. 1901—1909 ff. (früher Bericht, bezw. Verhandlungen s. dort). St. Gallen, 8⁰.

Jahrbuch der Preuss. geolog. Landesanstalt (und Bergakademie). Bd. I—XXIX, Teil 1; XXXI ff., ○1880—1910 ff., und Register zu Bd. I—XX. Berlin, 8⁰.

Jahrbuch des Naturhistorischen Landesmuseums von Kärnten. Bd. I—XXVIII ff., 1852—1909 ff., und Festschrift zum 50jähr. Bestehen 1898. Klagenfurt, 8⁰.

Jahrbuch des Schweizer Alpenklubs. Bd. I—XLV ff., 1864—1910 ff., mit Kartenbeilagen und Repertorium zu Bd. I—XX und XXI—XLIV. Festschrift für die ersten 25 Jahre des Bestehens. Bern, 8⁰.

Jahrbuch, Deutsches meteorologisches. Ergebnisse der meteorologischen Beobachtungen, Bremen. 1885—1890, 1895—1909 ff. Bremen, 8⁰.

Jahrbuch für die Gewässerkunde Norddeutschlands. Hgg. v. d. preuss. Landesanstalt für Gewässerkunde. 1901, Heft 1—6 ff. Beilage: Besondere Mitteilungen. Bd. I, Heft 1 ff. Berlin, 4⁰.

Jahrbuch, geographisches. Bd. I—XXXIII ff., 1866—1910 ff. Gotha, 8⁰.

ahrbuch, meteorologisches, für Finnland, hgg. von der Meteorolog. Zentral-Anstalt der Gesellschaft der Wissenschaften. Bd. I—III ff., 1901—1903 ff. Helsingfors, 4⁰.

Jahrbuch (mit Jahresbericht) des Hydrotechnischen Bureaus, Abt. der Obersten Baubehörde im kgl. Staatsministerium des Innern. 1900—1902, je Heft 4, Teil 2 1903—1910 ff. München, 4⁰.

Jahrbuch, neues, für Mineralogie, Geologie und Palaeontologie. Hauptwerk: 1830—1911 ff.; Beilagebände: Bd. I—XXXI ff., 1830—1911 ff., nebst Repertorien, und Festband 1807—1907. Heidelberg und Stuttgart, 8⁰.

Jahrbuch über die Fortschritte der Mathematik. Bd. I—XXXIX ff., 1871—1908 ff. Berlin, 8⁰.

Jahrbuch und Abhandlungen für Naturwissenschaft, Prag, s. Lotos, Naturwissenschaftliche Zeitschrift.

Jahrbücher der kgl. Ungar. Reichsanstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus. Bd. XVIII—XXVI, Teil 1, XXVII—XXXVI ff., 1888—1906 ff. Budapest, 4⁰.

Jahrbücher der k. k. Zentralanstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus (jetzt Geodynamik), Wien. Alte Folge, Bd. I—VIII, 1848—1856; n. Folge, Bd. I—XLV ff., 1864—1908 ff. Wien, 4⁰.

Jahrbücher des Nassauischen Vereins für Naturkunde. Heft 3—63 ff., 1850—1910 ff. Wiesbaden, 8⁰.

Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik. Bd. I—XLIX ff., 1869—1911 ff. Leipzig, 8⁰.

Jahresbericht der Fürstlich Jablonowskischen Gesellschaft in Leipzig. 1878—1893, 1895—1908 ff. Leipzig, 4⁰.

Jahresbericht der Geographischen Gesellschaft in Greifswald. Bd. I—XI ff., 1882—1908 ff. Greifswald, 8⁰.

Jahresbericht der Gesellschaft für Natur- und Heilkunde zu Dresden. 1905/06—1909/10 ff. Dresden, 8⁰.

Jahresbericht der Industriellen Gesellschaft Mülhausen. 1889—1909 ff. Mülhausen i. E., 8°.
Jahresbericht der kgl. Böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften, Prag. 1895—1910 ff. Prag, 8°.
Jahresbericht der kgl. Ungarischen geolog. Reichsanstalt. 1882—1907 ff., und Register. Budapest, 4°.
Jahresbericht der Kommission für den Zentral-Zettel-Katalog der Bibliotheken in Zürich. Nr. 1—12 ff., 1899—1910 ff. Zürich, 8°.
Jahresbericht der Museumsgesellschaft in Zürich. Nr. 1—76 ff., 1834—1909 ff. Zürich, 8°.
Jahresbericht der Naturforschenden Gesellschaft Emden. Bd. LII—XCIV ff., 1866—1909 ff. Emden, 8°.
Jahresbericht der Naturforschenden Gesellschaft Graubündens. Neue Folge, Bd. I—LII ff., 1856—1910 ff. Chur, 8°.
Jahresbericht der Naturhistorischen Gesellschaft in Hannover. Bd. X—LIX ff., 1860—1909 ff. Hannover, 8°.
Jahresbericht der Naturhistorischen Gesellschaft Nürnberg, s. Abhandlungen, bezw. Mitteilungen, Nürnberg.
Jahresbericht der Ornithologischen Gesellschaft in Bayern, s. Verhandlungen der O. G. in B.
Jahresbericht der Physikalischen Gesellschaft in Zürich. Bd. I—XI ff., 1887—1900 ff. Zürich, 8°.
Jahresbericht der Pollichia, Dürkheim. Bd. I—III, V—XI, und Festschrift 1892, °1842 ff. (Fortsetzung s. Mitteilungen.) Neustadt, Dürkheim, 8°.
Jahresbericht der Schlesischen Gesellschaft für vaterländische Kultur. Bd. XXX bis LXXXVII ff., 1827—1909 ff., nebst Ergänzungsheften und Festschrift 1904. (bis 1849 u. d. Titel: Uebersicht, s. dort.) Breslau, 4°.
Jahresbericht der Stadtbibliothek Zürich. 1898—1909 ff. Zürich, 8°.
Jahresbericht der Wetterau'schen Gesellschaft für die gesamte Naturkunde, Hanau, s. Bericht.
Jahresbericht der Zürcher. botan. Gesellschaft, s. Berichte der Schweizer. botan. Gesellschaft.
Jahresbericht des Annaberg-Buchholzer-Vereins für Naturkunde. Bd. I, III—VI, 1868, 1880—1883 (nachher Bericht, s. dort). Annaberg, 8°.
Jahresbericht des Coppernicus-Vereins in Thorn. Heft 36—43. (Beilage zu Mitteilungen des C.-V., s. dort.) Thorn, 8°.
Jahresbericht des Naturhistorischen Landesmuseums von Kärnten in Klagenfurt. 1902—1907 ff. Klagenfurt, 8°.
Jahresbericht des Naturwissenschaftlichen Vereins in Osnabrück. Bd. III—XVI ff., 1874—1906 ff. Osnabrück, 8°.
Jahresbericht des Naturwissenschaftlichen Vereins zu Halle. Jahrg. I—V, 1849—1853. (Fortsetzung s. Zeitschrift für Naturwissenschaften, Halle etc.) Halle, 8°.
Jahresbericht des Physikalischen Vereins in Frankfurt a/M. 1847—1909 ff. Frankfurt a/M., 8°.
Jahresbericht des Schweizer. Landesmuseums. Nr. 15—18 ff., 1906—1909 ff. Zürich, 8°.
Jahresbericht des Vereins für Naturkunde an der Unterweser. 1903—1904 ff. Bremerhaven-Geestemünde, 8°.
Jahresbericht des Vereins für Naturkunde in Kassel. Nr. 36—43, 1889—1898. Kassel, 8°.
Jahresbericht des Vereins für Naturkunde in Mannheim. Heft 1—60, 71—72 ff., °1834 ff. Mannheim, 8°.
Jahresbericht des Vereins für Naturkunde in Zwickau. 1872—1903, 1906—1909 ff. Zwickau, 8°.
Jahresbericht des Vereins für Naturkunde und städt. naturwissenschaftl. Museums Krefeld. Nr. 2—3, 1895—1898. Krefeld, 8°.

Jahresbericht des Vereins für Naturwissenschaft in Braunschweig. Bd. VI—XVI ff., 1891—1909 ff., und Festschrift 1897. Braunschweig, 8°.

Jahresbericht des Vereins von Freunden der Erdkunde zu Leipzig. Bd. I—XXI, 1862—1881 (Fortsetzg. s. Mitteilungen des Vereins für Erdkunde). Leipzig, 8°.

Jahresbericht des Westphälischen Provinzial-Vereins für Wissenschaft und Kunst in Münster. Bd. I—XXXVIII ff., 1873—1910 ff. Münster, 8°.

Jahresbericht, Museum Francisco-Carolinum in Linz. Bd. LII—LXVIII ff. (zugleich Beiträge zur Landeskunde von Oesterreich ob der Enns. Bd. XLVI—LXII ff.) Linz, 8°.

Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie (früher J. über Chemie, Physik, Mineralogie und Geologie), Braunschweig. °1848—1908 ff. (alles vorhanden, was erschienen). Nebst General-, Autoren- und Sachregister. Giessen, Braunschweig, 8°.

Jahresbericht und Abhandlungen, Städt. Museum für Natur- und Heimatkunde und Naturwissenschaftlicher Verein zu Magdeburg. Bd. I ff., 1870—1907, und Festschrift. (Fortsetzung s. unter Abhandlungen und Berichte.) Magdeburg, 8°.

Jahresbericht, Zoologischer, hgg. von der Zoolog. Station zu Neapel. Bd. I ff., 1879—1909 ff., nebst Autoren- und Sachregister 1886—1890. Leipzig, Berlin, 8°.

Jahresberichte des Naturwissenschaftlichen Vereins Elberfeld. Nr. 5—12 ff., 1878—1909 ff., Elberfeld, 8°.

Jahresberichte des Vereins für Erdkunde, bezw. für Naturkunde in Oesterreich ob der Enns. Nr. 1—15, 18—38 ff., 1870—1885, 1888—1909 ff. Linz, 8°.

Jahresberichte des Vereins für Erdkunde, Dresden. Bd. I—XXVII ff., 1865 ff. Dresden, 8°.

Jahresheft des Naturwissenschaftlichen Vereins des Trencsiner Comitates. Bd. XV bis XXXIII ff., 1893—1910 ff. Trencsin, 8°.

Jahreshefte des Naturwissenschaftlichen Vereins Lüneburg. Bd. VI—XVIII ff., 1872 bis 1910 ff. Lüneburg, 8°.

Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg. Bd. I—LXVI ff., 1845—1910 ff. Stuttgart, 8°.

Jahreshefte, geognostische. Bd. I—XXII ff., 1888—1909 ff. Kassel, 8°.

Jornal de sciencias mathematicas e astronomicas, Universidade de Coimbra. Vol. III bis X, XI, p. 1—2, 4—6; XII—XV ff., °1881—1905 ff. Beilage: Texeira, Obras sobre mathematica. Vol. I—IV ff. Coimbra, 8°.

Journal des Museums Godeffroy, Hamburg. Heft 1—9, 11—15, 17 ff., °1873 ff. Hamburg, 4°.

Journal für Ornithologie, hgg. v. d. Deutschen ornitholog. Gesellschaft. Bd. LIII bis LIX ff., und Sonderheft, 1905—1911 ff. Leipzig, 8°.

Journal für praktische Chemie. Alte Folge, Bd. I—CXCI; n. F., Bd. I—LXXXIII ff., 1828—1911 ff. Leipzig, 8°.

Journal für reine und angewandte Mathematik. Bd. I—CXXXIX ff., 1826—1911 ff. Berlin, 8°.

Journal, American chemical, Baltimore. Vol. I—V, VIII—XLV ff., °1879 ff. Baltimore, 8°.

Journal, American, of Science, New Haven. 1. Series, vol. XIX—XLIX; 2. Series, vol. I—L; 3. Series, vol. I—L; 4. Series, vol. I—XXXI ff., 1831—1911 ff. New Haven, 8°.

Journal and Proceedings, Asiatic Society of Bengal. Vol. I—IV ff., 1905—1908 ff. Calcutta, 8°.

Journal and Proceedings of the Linnean Society of London. Botany, vol. °I—XXXIX ff., °1857—1910 und Supplemente (alles vorhanden, was erschienen); Zoology, vol. I—XXXI ff., 1857—1910 ff. (s. auch Proceedings.) London, 8°.

Journal and Proceedings of the Royal Society of New South Wales. Vol. XXV bis XLI ff., 1891—1907 ff. Sidney, 8°.
Journal, College of Science, Imperial University, Tokyo. °Vol. I—XXVIII ff., °1887 bis 1910 ff. Mit Beilage: University Calendar, °1892—1910 ff. Tokyo, 8°.
Journal, Geographical, Royal geographical Society, London. 1845—1911 ff. (früher zeitweise unter dem Titel: Proceedings of the R. g. S.). Mit Registern. London, 8°.
Journal of the Anthropological Society of Bombay. Vol. I—VIII ff., 1897—1910 ff. Bombay, 8°.
Journal of the Asiatic Society of Bengal, Calcutta. Vol. °LXI—LXXIV ff., °1892 bis 1909 ff. Calcutta, 8°.
Journal of the Bombay branch of the Royal Asiatic Society, Bombay. No. 49—54, 56—64 ff. = vol. XVIII—XXIII ff., und Extra-Numbers, °1892—1910 ff. Bombay, 8°.
Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society, Chapel Hill. Vol. VIII—XXVI ff., 1891—1910 ff. Chapel Hill (U. S. A.), 8°.
Journal of the Royal microscopical Society of London. Vol. III, part 1—2; 2. Series, vol. I—IV, VI, 1879—1883, 1887, und 1891—1911 ff. London und Edinburgh, 8°.
Journal of the Society of Natural history of Cincinnati. Vol. IV—VII, IX—XXI ff., °1887—1910 ff. Cincinnati, 8°.
Journal, the, of Mycology, Ohio State University. Vol. °IX—XIII ff. = Nos. 65—74, 77, 79, 81—82, 84, 86—87 ff., °1903—1907 ff. Columbus, 8°.
Journal, the, of the Chemical Society of London (früher Quarterly Journal). Vol. I bis XI; new Series, vol. I—XII ff., 1849—1875; 1903—1911 ff. London, 8°.
Journal the, of the Royal Institution of Cornwall. Vol. XVII, part 1 ff., 1907 ff. Truro, 8°.
Journal, the quarterly, of microscopical Science. Alte Serie, vol. IV—VIII; neue Serie, vol. I—LVI ff., 1856—1911 ff. London, 8°.
Journal, the quarterly, of pure and applied mathematics. Vol. I—XLII ff., 1857 bis 1910 ff. London, 8°.
Journal, the quarterly, of the Chemical S. of London, s. Journal, the, of the Ch. S. of L.
Journal, the quarterly, of the Geological Society of London. Vol. IX—LXVI ff., 1853 bis 1910 ff. London, 8°.
Journal de Conchyliologie, Paris. Vol. I—LVIII ff., 1861—1910 ff. Paris, 8°.
Journal de la Société botanique à Copenhague. (Tidsskrift, Botanisk, udgivet af Dansk Botanisk Forening). Vol. XXI—XXX ff., 1897—1909 ff., und Festschrift 1890. Copenhague, 8°.
Journal de l'Ecole polytechnique, Paris. An III—1838, und 1. Série, vol. I—LXIV; 2. Série, vol. I—XII ff., 1839—1907 ff. Paris, 4°.
Journal de mathématiques, Paris. 1. Série, vol. I—XX; 2. Série, vol. I—XIX; 3. Série, vol. I—X; 4. Série, vol. I—X; 5. Série, vol. I—X; 6. Série, vol. I—VI ff., 1836—1910 ff. Paris, 4°.
Journal de physique, Paris. 1. Série, vol. X; 2. Série, vol. II—X; 3. Série, vol. I—X; 4. Série, vol. I—IX; 5. Série, vol. I ff., 1881—1911 ff. Paris, 8°.
Journal entomologique de la Société entomologique à Stockholm, s. Tidskrift, entomologisk.

Kobelt, s. Abhandlungen, Frankfurt a/M.
Korrespondenzblatt, Naturforscher-Verein zu Riga. Bd. I—LII ff., 1845—1909 ff. Riga, 8° und 4°.
Korrespondenzblatt, Regensburg, s. Berichte, Regensburg.

Lacroix: Minéralogie de la France et de ses colonies. Vol. I—III ff., 1893—1909 ff. Paris, 8°.
La Place. Oeuvres de L. Vol. I—XII ff., 1878 ff. Paris, 4°.
Leopoldina, hgg. v. d. kais. Leopoldin.-Carolin. deutschen Akademie der Naturforscher zu Halle. Heft 2—47 ff., 1860—1911 ff. Halle a/S., 4°.

Liebigs Annalen, s. Annalen, Liebigs, der Chemie.
Lotos, Naturwissenschaftliche Zeitschrift, hgg. v. Deutschen naturwissenschaftlich-medizin. Verein für Böhmen „Lotos“ (früher Sitzungsberichte). Alte Folge, Bd. II—LVIII ff., 1853—1910 ff. Prag, 4⁰.

Magazin der Gesellschaft naturforschender Freunde in Berlin. Bd. I—VIII, 1807 bis 1818 (vorher: Beschäftigungen, bezw. Schriften u. Neue Schriften, nachher: Verhandlungen, v. dort). Berlin, 4⁰.
Magazin, neues Lausitzer, hgg. v. d. Oberlausitzischen Gesellschaft der Wissenschaften. Bd. XXXV—LXXXI ff., 1860 ff. Mit Beilage: Codex diplomaticus. Görlitz, 8⁰.
Magazin, nyt, for Naturvidenskaberne, Physiografiska Förening. Vol. XXXVIII bis XLVIII ff., 1900—1910 ff. Christiania, 8⁰.
Magazine, botanical, of the Botanical Society, Tokyo. Vol. XIV—XVI, XIX ff., 1900 bis 1905 ff. Tokyo, 8⁰.
Magazine, geographical, of the Royal Scottish geographical Society, Edinburgh. Vol. I—VI, No. 1—6, 8—12; VII—XXVII ff., °1885—1911 ff. Edinburgh, 8⁰.
Magazine, geological, London. 2. Decade, Vol. I—X; 3. Decade, vol. I—X; 4. Decade, vol. I—X; 5. Decade, vol. I—VIII ff., 1873—1911 ff. London, 8⁰.
Magazine, philosophical (London and Edinburgh Phil. Mag.), and Journal of Science. 1832—1911 ff. in 6 Serien, komplet. London, 8⁰.
Materialien zu einer Ornis balcanica, hgg. vom Bosnisch-herzegowin. Landesmuseum in Serajewo. Bd. II, IV. (alles vorhanden, was erschienen.) Wien, 8⁰.
Materialien zur Geologie Russlands, hgg. von der kais. Russ. mineralog. Gesellschaft, St. Petersburg. Bd. XVI—XXIV ff., 1893—1909 ff. St. Petersburg, 8⁰.
Mededeelingen en Verhandelingen, k. Nederlandsch meteorolog. Instituut. No. 1—11 ff. Utrecht, 8⁰.
Mededeelingen van 's Rijks Herbarium. Bd. I ff, 1910 ff. Leiden, 8⁰.
Meddelanden från Stockholms Högskolms botaniska Institutet. (Travaux.) Vol. I—VI ff., 1898—1904 ff. Stockholm, 8⁰.
Meddelanden, kön. forstliche Versuchsanstalt, Stockholm. Heft 2—7 ff. Stockholm, 8⁰.
Meddelanden, Societas pro Fauna et Flora fennica. Heft 22—35 ff., 1896—1909 ff. Helsingfors, 8⁰.
Meddelanden, Sveriges geologiska Undersökning, Stockholm. No. 23—24 ff. Stockholm, 8⁰.
Meddelanden und Kartbladet, Commission géologique de Finlande. Vol. XXXII bis XXXIII ff. Helsingfors, 8⁰ und 4⁰.
Meddelanden, Universitets mineralogisk-geologiska Institut, Upsala. No. 1—6, 8—30 ff., °1891—1906 ff. Upsala, 8⁰.
Meeresfauna von Bergen, s. Aarsberetning, Bergen.
Meeresuntersuchungen, wissenschaftliche, hgg. v. d. Kommission zur wissenschaftlichen Untersuchung der deutschen Meere und der biologischen Anstalt auf Helgoland. Abt. Kiel. Neue Folge, Bd. I—II, V—XII ff., Abt. Helgoland. N. Folge, Bd. III bis X ff. Kiel, 4⁰.
Mémoires couronnés et Mémoires des Savants étrangers (et Nouveaux Mémoires.....) de l'Académie royale des sciences de Belgique. Serie in 4⁰, vol. XIX—XLIII, L—LXII ff.; Serie in 8⁰, vol. XLV—XLVII ff., °1847 ff. Bruxelles, 4⁰ und 8⁰.
Mémoires de l'Académie des Sciences, Arts et Belles-Lettres de Dijon. 1851—1873, 1877—1878, 1880—1906 ff. Dijon, 8⁰.
Mémoires de l'Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Lyon (Sciences et Lettres). 2. Série, vol. II—XXVII, XXIX—XXXI; 3. Série, vol. I—XI ff., °1852 bis 1911 ff. Lyon, 8⁰.

Mémoires de l'Académie impériale des Sciences de St. Pétersbourg. 1726—1775. 1777—1802 = 1.—4. Série u. d. Titel: Commentarii Academiae Petropolitanae; 1803—1859 = 5.—6. Série; 7. Série, vol. I—XLII; 8. Série, vol. °I—XXIV ff., °1859—1909 ff. St. Pétersbourg, 4°.

Mémoires de l'Académie royale des Sciences de Belgique. Vol. LI—LIV ff., 1893 bis 1904 ff. Bruxelles, 8°.

Mémoires de la section des Sciences et de Médecine, Académie des Sciences et Lettres, Montpellier. Sciences, 1. Série, vol. VI—XI; 2. Série, vol. I—IV ff., 1864 ff. Médecine, 1. Série, vol. III—VI; 2. Série, vol. I—II ff., 1861—1903 ff. Montpellier, 8°.

Mémoires de la Société botanique de France, s. Bulletin: Mémoires de la S. b. de F.

Mémoires de la Société d'émulation de Montbéliard. (1858—1861 unter dem Titel: Compte-rendu.) 2. Série, vol. I—VII, IX—XVI, XVIII—XXXVI ff., °1862—1909 ff. Montbéliard, 8°.

Mémoires de la Société d'émulation du Doubs, Besançon. 1864—1908 ff. Besançon, 8°.

Mémoires de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève. Vol. I—XXXVII ff., 1821—1911 ff., und Festschrift und Supplemente. Genève, 4°.

Mémoires de la Société de vulgarisation des Sciences naturelles des Deux-Sèvres à Niort. Vol. I ff., 1909 ff. Niort, 8°.

Mémoires de la Société des Naturalistes de Kiew. Vol. VIII—XI, XIII—XXI ff. Kiew, 8°.

Mémoires de la Société entomologique de Belgique, Bruxelles. Vol. I—XVII ff., 1892 ff. Bruxelles, 8°.

Mémoires de la Société entomologique d'Egypte. Vol. I ff. Le Caire, 4°.

Mémoires de la Société fribourgeoise des Sciences naturelles = Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Freiburg. Botanique, vol. I—III ff. Chimie, vol. I—III ff. Géologie et Géographie, vol. I—VI ff. Mathématique et Physique, vol. I ff. Physiologie, Hygiène et Bactériologie, vol. I ff. Zoologie, vol. 1 ff. Fribourg, 8°.

Mémoires de la Société géologique de France, Paris. 1. Série, vol. I—V; 2. Série, vol. I—X; 3. Série, vol. I—XVI ff., 1833—1908 ff. Paris, 8°.

Mémoires de la Société helvétique des sciences naturelles, s. Denkschriften, neue.

Mémoires de la Société physique et naturelle de Bordeaux. 1. Série, vol. V—X; 2. Série, vol. I—V; 3. Série, vol. I—V; 4. Série, vol. I—V; 5. Série, vol. I—V; 6. Série, vol. I—IV ff., 1867—1908 ff. Paris, Bordeaux, 8°.

Mémoires de la Société royale des Sciences de Liège. 1. Série, vol. I—XX; 2. Série, vol. I—XX; 3. Série, vol. I—VIII ff., 1843—1909 ff. Bruxelles, 8°.

Mémoires de la Société royale malacologique de Belgique. Vol. XXXIV ff., 1899 ff. Bruxelles, 8°.

Mémoires de l'Institut National Genevois. Vol. XIX—XX ff., 1901—1910 ff. Genève, 8°.

Mémoires du Comité géologique de St. Pétersbourg. Vol. I—XI, XII, fasc. 2—3; XIII—XX, fasc. 1—2; nouv. Série, Nos. 1—38, 40—52, 56—57, 59 ff. St. Pétersbourg, 8°.

Mémoires, nouveaux, de la Société belge de géologie, de paléontologie, et d'hydrologie à Bruxelles. Fasc. 1—2 ff., 1903—1908 ff. Bruxelles, 4°.

Mémoires présentés par divers savants à l'Académie des Sciences de l'Institut de France, Paris. 2. Série, vol. I—XXXII ff. Paris, 8°.

Mémoires, Société nationale des Sciences naturelles et mathématiques de Cherbourg. Vol. I—XXXVI ff., 1852—1907 ff. Cherbourg, 8°.

Memoirs, Academy of Sciences of New York. Vol. II ff. New York, 8°.

Memoirs and Proceedings of the Literary and Philosophical Society of Manchester. 3. Series, vol. I—XII; 4. Series, vol. I—X; and vol. XLI—LIV ff., 1862—1910 ff. Manchester, 8⁰.

Memoirs, Brooklyn Institute, s. Bulletin, Brooklyn u. New York.

Memoirs, Geological Survey of India. Vol. I—XXXVIII ff., 1859—1910 ff., in verschiedenen Serien. Index zu vol. I—XX. Calcutta, 8⁰.

Memoirs of the Asiatic Society of Bengal, Calcutta. Vol. I—II ff., 1906 ff. Calcutta, 8⁰.

Memoirs of the Australian Museum, Sidney. Vol. II—IV ff. Sidney, 8⁰.

Memoirs of the Boston Society of Natural history. Vol. I—VI ff., 1866—1905 ff. Beilage: Universal Memoirs 1830—1880. Boston, 8⁰.

Memoirs of the College of Science and Engineering, Kyoto Imperial University. Vol. I—II ff., 1903—1910 ff. Kyōto, 8⁰.

Memoirs of the Connecticut Academy of Arts and Sciences. Vol. II ff., 1910 ff. New Haven, 8⁰.

Memoirs of the Department of Agriculture in India. Botanical Series, vol. I—III ff. Entomological Series, vol. I—II ff. Calcutta, 8⁰.

Memoirs of the Royal Astronomical Society, London. Vol. I-LIX ff., 1822-1910 ff. London, 8⁰.

Memoirs of the Torrey Botanical Club, New York. Vol. I-XIV ff., 1889-1910 ff. New York, 8⁰.

Memoirs, Universal, s. Memoirs, Boston.

Memorial, Philadelphia, s. Proceedings, Philadelphia.

Memorias, Museu Paraense (Museu Goeldi). No. 1, part 1, No. 2—3 ff. Pará, 8⁰.

Memorias y Revista, Sociedad Scientifica „Antonio Alzate“, Mexico. Vol. I, V—VIII, °XI—XXVII ff., °1887—1909 ff. Mexico, 8⁰.

Memorie del R. Comitato geologico d'Italia, Roma. Vol. V, part 1. Roma, 8⁰.

Memorie del R. Istituto Lombardo di scienze e lettere, Classe di scienze matemat. e naturali, Milano. Vol. I—XXI ff., 1867—1910 ff. Milano, 4⁰.

Memorie della Pontificia Accademia romana dei Nuovi Lincei, Roma. Vol. XX—XXIII, XXV—XXVI ff., 1903—1905, 1907—1908 ff. Roma, 4⁰.

Memorie della R. Accademia delle Scienze di Torino, Classe di science fisiche, matematiche e naturali (vorher unter verschiedenen andern Titeln: Miscellanea, etc.) Vol. I—V, 1759—1773; VI—XVI, 1784—1813; XXII—XL, 1816—1838 (XVII bis XXI = Littérat. et Beaux-Arts, fehlen in der Serie); 2. Seria, vol. I—LX ff., 1839—1910 ff. Torino, 4⁰.

Memorie della Società italiana di scienze naturali e del Museo Civico di Milano. Vol. V—VII ff. Milano, 8⁰.

Memorie per servire alla descrizione della carta geologica d'Italia, pubblicate a cura del R. Comitato geologico del regno, s. Bollettino.

Messenger of mathematics, London. Vol. XXI—XL ff., 1892—1911 ff. London, 8⁰.

Miscellanea, Torino, s. Memorie, Torino.

Mitteilungen, astronomische, der kgl. Sternwarte zu Göttingen. Bd. II = Sternkatalog, IV, VI ff. Göttingen, 4⁰.

Mitteilungen, astronomische, Zürich. Nr. 1—101 ff., 1856—1910 ff. Zürich, 4⁰.

Mitteilungen aus dem Jahrbuche der kgl. Ungar. geolog. Anstalt. Bd. I—XVII ff., 1871—1908 ff. Budapest, 8⁰.

Mitteilungen aus dem Naturhistorischen Museum in Hamburg. Bd. XI—XXVI ff., 1893—1908 ff. Hamburg, 8⁰.

Mitteilungen aus dem Naturwissenschaftlichen Vereine für Neu-Vorpommern und Rügen in Greifswald. Bd. I—XLI ff., 1869—1909 ff. Berlin, Greifswald, 8⁰.

Mitteilungen aus dem Osterlande, hgg. von der Naturforschenden Gesellschaft des Osterlandes. Bd. I ff., 1837—1910 ff. Altenburg, 8⁰.

Mitteilungen aus dem Vereine der Naturfreunde in Reichenberg. Bd. X—XXXIX ff., 1872—1909 ff. (Bd. XXX = Festschrift). Reichenberg (Böhmen), 8⁰.

Mitteilungen aus der medizin. Fakultät der Universität in Tokyo. Bd. V, Heft 3; VI—IX ff., °1904—1910 ff. Tokyo, 8°.

Mitteilungen aus der Zoologischen Station zu Neapel. Bd. I—XIX ff., 1879—1909 ff. Leipzig, Berlin, 8°.

Mitteilungen, besondere, s. Jahrbuch f. d. Gewässerkunde, Berlin.

Mitteilungen der Aargauischen Naturforschenden Gesellschaft. Bd. I—XI ff., 1877 bis 1909 ff. Aarau, 8°.

Mitteilungen der Bayer. botan. Gesellschaft zur Erforschung der heimischen Flora. Bd. I, No. 1—40; II, No. 1—18 ff., 1902—1911 ff. München, 8°.

Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Natur- und Völkerkunde Ostasiens. Bd. I—III, V—VI (= Heft 1—30, 46—60); VII—XIII ff.; Festschrift 1898, und Supplemente, °1873—1910 ff. Tokyo, 4°.

Mitteilungen der Erdbeben-Kommission, n. Folge, No. 1—24, 28, 30—39 ff., und der Praehistorischen Kommission, Bd. I, No. 6 ff. Beilagen zu: Sitzungsberichte der k. k. Akademie der Wissenschaften in Wien. Wien, 8°.

Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft und des Naturhistorischen Museums in Lübeck. 2. Reihe, Bd. I—XXIV ff., und Festschrift 1900. Lübeck, 8°.

Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft in Wien. Bd. I—III ff., 1908—1910 ff. Wien, 8°.

Mitteilungen der Geologischen Landesanstalt von Elsass-Lothringen. Bd. I—VII ff., 1888—1911 ff. Strassburg, 4°.

Mitteilungen der Gesellschaft für Erdkunde zu Leipzig, s. Mitteilungen des Vereins für Erdkunde zu Leipzig.

Mitteilungen der Grossherz. Sternwarte zu Heidelberg. No. 1—18 ff., 1901—1909 ff. Karlsruhe, 4°.

Mitteilungen der k. k. Geographischen Gesellschaft in Wien. Bd. I—LIV ff., 1857 bis 1911 ff. Wien, 8°.

Mitteilungen der Mathematischen Gesellschaft in Hamburg. Bd. III—V ff., 1895 bis 1911 ff., und Festschrift, Bd. I—II Hamburg, 8°.

Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern. 1843—1909 ff. Bern, 8°.

Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Freiburg (Schweiz), s. Mémoires, Fribourg.

Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Luzern. Bd. I—V ff., 1895—1907 ff. Luzern, 8°.

Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Zürich. No. 1—131, Bd. I—IV, 1847 bis 1855. (früher Abhandlungen, bezw. Beobachtungen, Berichte, Fortsetzung s. Vierteljahrsschrift.) Zürich, 8°.

Mitteilungen der Naturhistorischen Gesellschaft Colmar. Bd. I—XXIX; neue Folge, Bd. I—X ff., 1860—1910 ff (früher Bulletin). Colmar, 8°.

Mitteilungen der Naturhistorischen Gesellschaft Nürnberg. Bd. I ff., 1907 ff. (früher Abhandlungen, bezw. Jahresbericht, s. dort.) Nürnberg, 8°.

Mitteilungen der Naturwissenschaftlichen Gesellschaft „Isis“ in Meissen. 1902—1910 ff. Meissen, 8°.

Mitteilungen der Naturwissenschaftlichen Gesellschaft Winterthur. Bd. I—VIII ff., 1897/98—1909/10 ff. Winterthur, 8°.

Mitteilungen der Physikalischen Gesellschaft Zürich. No. 1—15 ff., 1901—1909 ff. Zürich, 8°.

Mitteilungen der Pollichia. No. 1—24 ff. (s. auch Jahresbericht). Dürkheim, 8°.

Mitteilungen der Schweizer. Centralanstalt für das forstliche Versuchswesen. Bd. I bis X ff., 1891—1911 ff. Zürich, 8°.

Mitteilungen der Schweizer. entomologischen Gesellschaft. Bd. I—XII ff., 1872 bis 1910 ff. Schaffhausen, 8°.

Mitteilungen der Thurgauischen naturforschenden Gesellschaft (Thurg. naturforsch. Verein). Heft 1—19 ff., 1857—1910 ff. Frauenfeld, 8°.

Mitteilungen des Beskiden-Vereins, offiz. Organ des Beskiden-Vereins. Bd. I, III, No. 1, VI—VIII ff., °1904—1911 ff. Bielitz-Biala, 8°.

Mitteilungen des Coppernicus-Vereins in Thorn. Bd. I—IV, VI—IX, XI—XVIII ff., °1878—1910 ff. (s. auch Jahresbericht, Thorn). Thorn, 8°.

Mitteilungen des k. Mineralogisch-geologischen und praehistorischen Museums in Dresden. Bd. I—XIV ff. und Beilagen, 1880—1903 ff. Cassel, Berlin, 8°.

Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereins an der Universität zu Wien. Jahrg. 1882/1883, und Bd. I, No. 2—8; II—VIII ff., 1883, 1903—1910 ff. Wien, 8°.

Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereins Düsseldorf. Heft 1—4, 1887—1898, und Festschrift 1884—1909, ff. Düsseldorf, 8°.

Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereins für Steiermark. Heft 1—46 ff., 1863—1909 ff. Graz, 8°.

Mitteilungen des Oesterreich. Touristen-Clubs, Sektion für Naturkunde, Wien. Bd. I bis XXII ff., 1889—1910 ff. Wien, 4°.

Mitteilungen des Vereins für Erdkunde in Dresden. Bd. I, Heft 1—10; II, Heft 1 ff., 1905—1910 ff. Dresden, 8°.

Mitteilungen des Vereins für Erdkunde zu Halle a/S. 1877—1910 ff. Halle, 8°.

Mitteilungen des Vereins (ab 1. April 1911: der Gesellschaft) für Erdkunde zu Leipzig. 1873—1909 ff. (vorher Jahresbericht des Vereins von Freunden der E., s. dort). Leipzig, 8°.

Mitteilungen des Vereins für Naturkunde und des städt. naturwissenschaftlichen Museums in Krefeld. 1909 ff. Krefeld, 8°.

Mitteilungen, geschäftliche, der kgl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. 1896–1910 ff. Göttingen, 8°.

Mitteilungen, mineralogische, s. Mitteilungen, Tschermaks.

Mitteilungen (monatliche), aus dem Gesamtgebiete der Naturwissenschaften, s. Helios.

Mitteilungen, Tschermaks mineralogische und petrographische. (1871—1877 u. d. Titel: Mineralogische M., gesammelt von T.) Neue Folge, Bd. I—XXIX ff., 1878 bis 1910 ff. Wien, 8°.

Mitteilungen über die Tätigkeit der Naturforschenden Gesellschaft Solothurn. Bd. I bis III ff., 1899—1906 ff. (früher Bericht, s. dort). Solothurn, 8°.

Mitteilungen, wissenschaftliche, aus Bosnien und Herzegowina, hgg. v. Bosnisch-Herzegowin. Landesmuseum in Serajewo. Bd. I—VII, VIII, Heft 3, IX—XI ff., °1893—1909 ff. (senden nur die Hefte naturwissenschaftl. Inhalts). Wien, 4°.

Moleschott, s. Untersuchungen.

Monatsbericht der Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften, des Ackerbaues und der Künste im Unter-Elsass (Bulletin mensuel de la Société des sciences etc. de la Basse-Alsace). Bd. XVI—XLIV ff., 1882—1910 ff. Strassburg, 8°.

Monatsberichte der kgl. Preuss. Akademie der Wissenschaften, Berlin, s. Sitzungsberichte.

Monographs of the U. S. Geological Survey, Department of the Interior. Vol. XXIX, XXXI, XXXII, part 2, XXXIII—L ff. Washington, 8°.

Museumshefte, naturwissenschaftliche; Mitteilungen aus der naturwissenschaftl. Klasse des Siebenbürg. Musealvereins. Bd. I—II, IV ff., 1906—1907, 1909 ff. Klausenburg, 8°.

Nachrichten, astronomische. Bd. I–CLXXXVIII ff., 1823—1911 ff., und Generalregister. Altona, Kiel, 8° und 4°.

Nachrichten der kgl. Universität und der Gesellschaft der Wissenschaften in Göttingen, mathemat.-physikal. (naturwissenschaftliche) Klasse. 1846—1911 ff. Göttingen, 8°.

Natur, die. Bd. I—XXIII; neue Folge, Bd. I—XXVII, 1852 ff. (Fortsetzung s. Wochenschrift, naturwissenschaftliche.) Halle a/S., 4°.

Naturforscher, der. Wochenblatt zur Verbreitung der Fortschritte in den Natur-

wissenschaften. Jahrgg. I—XX, 1868—1887. (später: Rundschau, naturwissenschaftliche, s. dort.) Berlin, 4⁰.

Naturalist, the American. Vol. XXVI—XLV ff., 1892—1911 ff. Chicago, 4⁰.

Naturalist, the Glasgow. (früher Transactions, bezw. Proceedings of the Natural History Society of Glasgow.) Vol. III, part 2—3; IV—VIII; Naturalist, vol. I—II ff., 1889—1911 ff. Glasgow, 8⁰.

Naturalist, the Ohio. Biological Club of the Ohio State University and the Ohio Academy of Science. Vol. IV—XI ff., 1903—1911 ff. Columbus, 8⁰.

Nature. Vol. XXXV—LXXXV ff., 1887—1910 ff. London und New York, 4⁰.

Nature, la. Vol. XV—XXXVIII ff., 1887—1910 ff. Paris, 4⁰.

Neujahrsblatt der Stadtbibliothek in Winterthur. 1826—1884, 1903—1911 ff. Winterthur, 4⁰

Neujahrsblatt, hgg. v. d. Naturf. Gesellschaft Zürich. Nr. 1—113 ff., 1799—1911 ff. Zürich, 4⁰.

Nobre, A., s. Annaes, Porto.

Nordhaus—Expedition, Norske. Abt. Zoologie. Bd. I—XXVIII ff., 1880 ff. Christiania, 4⁰.

Notes, mathematical, of the Edinburgh Mathematical Society. Nr. 1—5 ff. Edinburgh, 8⁰.

Notes, mycological, Cincinnati, s. Bulletin of the Lloyd Library, Cincinnati.

Notes et Revue, Beilage zu Archives de Zoologie expér., s. dort.

Notizblatt des Vereins für Erdkunde und der Geologischen Landesanstalt (früher: des Mittelrhein. geolog. Vereins, u. andern Titeln) in Darmstadt. Bd. I—XLVI; n. Folge, Bd. I—III; 3. Folge, Bd. I—XVIII; 4. Folge, Bd. I—XXX ff., 1854—1909 ff. Darmstadt, 8⁰.

Notizblatt, Riga, s. Industrie-Zeitung, Riga'sche.

Observaciones, Observatorio astronomico nacional de Tacubaya, Mexico. 1895—1897, 1904. Mexico, 8⁰.

Observations, astronomical and meteorological, of the Naval Observatory, Washington. 1876—1906 ff. Washington, 8⁰.

Observations, astronomical, magnetical and meteorological, Royal Observatory, Greenwich. 1840—1898. London, 4⁰.

Observations of the Royal magnetical and meteorological Observatory, Batavia. Vol. I—XXX ff., 1871—1907 ff. Batavia, 4⁰.

Observations méteorologiques, Observatoire magnét. et météorol. d. Irkutsk. (noch nichts erhalten, Tausch 1910 eingeleitet) Irkutsk, 8⁰.

Observations météorologiques, publ. par l'Institut météorolog. central de la Société des sciences de Finlande. (Observations faites à l'Observatoire de Helsingfors. Vol. I—IV; 2. Section, vol. I—IV, 1850—1852, 1873—1879). Vol. III—V, IX—X, und 1891—1900. Helsingfors, fol.

Observations météorologiques suédoises, Stockholm, Académie royale des Sciences de Suède. Vol. XXXV—LI ff., 1893—1909 ff., und Appendix I—II. Stockholm, 8⁰.

Öfversigt af Förhandlingar, Académie royale des Sciences de Suède. Vol. V—LIX, 1848—1902. (Fortsetzung s. Arkiv, Stockholm). Stockholm, 8⁰.

Öfversigt af Förhandlingar, Finska Vetenskaps-Societeten, Helsingfors. Vol. I—V, IX—LII ff., 1838—1863, 1866—1910 ff. Helsingfors, 4⁰.

Opgaven, wiskundige, met de Oplossingen, Wiskundig Genootschap, Amsterdam. Teil VIII, No. 3—4; IX—X ff., 1901—1910 ff. Amsterdam, 8⁰.

Oversigt, kongel. Danske Videnskabernes Selskabs-Forhandlingar. 1843—1911 ff. Kjobnhavn, 8⁰.

Oversigt, Widenskabs Selskabet, Christiania. 1902. Christiania, 8⁰.

Palaeontographica. Vol. I—LVIII ff., 1851—1911 ff. Kassel, 4°.
Palaeontologica Indica, Geological Survey of India, Calcutta. Series °1—10, °13, °15—16 new Series, vol. °1—3 ff., °1861 ff. Calcutta, 4°.
Papers, miscellaneous scientific, of the Allegheny Observatory. New Series, No. 1—17 ff. Pittsburgh, 4°.
Papers, occasional, California Academy of Sciences, San Francisco. Vol. I—VIII ff., 1890—1902 ff. San Francisco, 8°.
Papers, occasional, of the Boston Society of Natural History. Vol. I—IV, VI—VII ff., °1869—1909 ff. Boston, 8°.
Papers, professional, Department of the Interior, U. S. Geological Survey. No. 1—46, 48—68 ff., °1902—1910 ff. Washington, 4°.
Parergones, Istituto geologico de Mexico. Vol. I—III ff. (Beilage zum: Boletin). Mexico, 8°.
Penck, s. Abhandlungen, geographische.
Pflüger, s. Archiv f. d. gesamte Physiologie.
Plankton-Expedition, s. Ergebnisse der P.-E.
Proceedings, Academy of Natural Sciences, Davenport. Vol. I—XII ff., 1876—1910 ff. Davenport (U. S. A), 8°.
Proceedings and Transactions, Nova Scotian Institute of Science, Halifax. °1. Series, vol. II, IV-VII, XI—XII; °2. Series, vol. I—III ff. Halifax, 8°.
Proceedings and Transactions of the Liverpool biological Society. Vol. I—XXIV ff., 1887—1910 ff. Liverpool. 8°.
Proceedings and Transactions of the Royal Society of Canada. 1. Series, vol. XI—XII; 2. Series, vol. I—XII, und Supplement; 3. Series, vol. I—III ff., 1893—1909 ff., und General Index zu der 1. und 2. Serie. Ottawa, 8°.
Proceedings, California Academy of Sciences. Vol. I, No. 4, II—VI ff.; 3. Series, Botany, vol. I—II ff.; Geology, vol. I—II ff.; Zoology, vol. I—III ff.; Mathemat.-physikal. Klasse, vol. I—III ff., °1868 ff. San Francisco, 8°.
Proceedings, economic, of the Royal Dublin Society. Vol. I—II ff., 1899—1910 ff. Dublin, 8°.
Proceedings, Indiana Academy of Sciences. 1894—1909 ff. Indianapolis, 8°.
Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia. 1854—1910 ff. Philadelphia, 8°.
Proceedings of the Academy of Sciences at Rochester. Vol. I—IV ff., 1890—1906 ff. Rochester (U. S. A.), 8°.
Proceedings of the American Academy of Arts and Sciences, Boston. Vol. XXVIII—XLVI ff., 1893—1911 ff. Boston, 8°.
Proceedings of the American Association for the Advancement of Science, Washington. Vol. XVII—XLIX ff., 1850—1900 ff. Washington, 8°.
Proceedings of the American microscopical Society. Vol. IX—XVI, 1888—1894 (Fortsetzung s. Transactions). Lincoln, 8°.
Proceedings of the American philosophical Society, Philadelphia. Vol. XIX; XX, No. 110, 111, 113; XXI; XXIII, No. 121; XXXI, No. 140; XXXVII-XLIX ff., °1880-1910 ff. Mit Beilage: Memorial, vol. I ff. Philadelphia, 8°.
Proceedings of the Asiatic Society of Bengal, Calcutta. 1892—1904 ff. Calcutta, 8°.
Proceedings of the Boston Society of Natural History. Vol. III-XXXIV ff., 1851-1910 ff. Cambridge, Boston, 8°.
Proceedings of the Canadian Institute, Toronto. 3. Series, vol. II, No. 3; III—VII; new Series, vol. I—II ff., 1884—1904 ff. Toronto, 8°.
Proceedings of the Department of Natural History, Tokyo Imperial Museum. Vol. I ff. Tokyo, 8°.

Proceedings of the Edinburgh Mathematical Society. Vol. XXIV–XXVIII ff., 1905–1910 ff. · Edinburgh, 8⁰.
Proceedings of the Jowa Academy of Sciences. Vol. I—III, VI, XV ff., 1893—1895, 1898, 1908 ff. Des Moines, 8⁰.
Proceedings of the Linnean Society, London. Vol. I, 1849, u. 1890—1893, 1897/98 bis 1909/10 ff. (s. auch Journal and Proceedings of the L. S. London). London, 8⁰.
Proceedings of the Mathematical Society of London. 1. Series, vol. I—XXXV; 2. Series, vol. I—IX ff., 1865—1911 ff. London, 8⁰.
Proceedings of the Natural History Society of Glasgow, s. Naturalist, the Glasgow.
Proceedings of the Naturalists Society, Bristol. New Series, vol. I—X.; 4. Series, vol. I—II ff., 1876—1910 ff. Bristol, 8⁰.
Proceedings of the Philosophical Society, Cambridge (England). Vol. I—XVI ff., 1843 bis 1910 ff. Cambridge, 8⁰.
Proceedings of the Portland Society of Natural History. Vol. II, part 8 ff., 1909 ff. Portland (U. S. A.), 8⁰.
Proceedings of the Royal geographical Society, London, s. Journal, Geographical, London.
Proceedings of the Royal Institution of Great Britain, London. Vol. XIII—XIX ff., 1893—1911 ff. London, 8⁰.
Proceedings of the Royal Irish Academy, Dublin. 1. Series, vol. I—X; 2. Series, vol. I—IV; 3. Series, vol. I—VII; Section B., vol. XXIV—XXIX ff., 1841—1911 ff. Dublin, 4⁰.
Proceedings of the Royal Physical Society, Edinburgh. Vol. VIII—XVIII ff., 1888 bis 1910 ff. Edinburgh, 8⁰.
Proceedings of the Royal Society, Edinburgh. Vol. XI—XXXI ff., 1880—1911 ff. Edinburgh, 8⁰.
Proceedings of the Royal Society of London. Vol. VII—LXXIV, LXXV, part 4; Series A., Mathematical and physical Sciences, vol. LXXVI—LXXXV ff.; Series B., Biological Sciences; vol. LXXVI—LXXXIII ff., 1856 ff. Mit Beilagen: Reports of the Malaria Committee, and Reports of the Sleeping Sickness Commission. London, 8⁰.
Proceedings of the Royal Society of Queensland, Brisbane. Vol. X—XXII ff., 1892 bis 1910 ff. Brisbane, 8⁰.
Proceedings of the Royal Society of Victoria. New Series, vol. V—XXIII ff. Melbourne, 8⁰.
Proceedings of the Zoological Society of London. 1830—1911 ff., and Indexes. London, 8⁰.
Proceedings, scientific, of the Royal Dublin Society. New Series, vol. I—XII ff., 1878 bis 1910 ff. Dublin, 8⁰.
Proceedings, Smithsonian Institution, U. S. National Museum. Vol. XIV—XXXVI ff., 1891—1909 ff. Washington, 4⁰.
Proceedings, Koningl. Akademie der Wetenschappen, Amsterdam. Vol. I—XII ff., 1899 bis 1910 ff. Amsterdam, 8⁰.
Procès-verbaux, Comité international des poids et mesures, Paris. 1875—1909 ff. Paris, 8⁰.
Procès-verbaux de la Commission géodesique suisse. Séances 1—56 ff., 1868—1910 ff. Neuchâtel, 8⁰.
Procès-verbaux de la Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux. 1894 bis 1909 ff. Bordeaux, 8.
Procès-verbaux de la Société industrielle de Mulhouse. °1901—1911 ff. Mulhouse, 8⁰.
Procès-verbaux de la Société malacologique de Belgique. Vol. IX—XVI, 1880—1887; XVIII—XXI, 1889—1892; 1895—1896; XXVI—XXVII, 1897—1898. Bruxelles, 8⁰.
Prodromus florae batavae, s. Archiev, nederlandsch kruidkundig.

Pubblicazioni della Specola Vaticana, Roma. Vol. I—VI ff., 1891—1902 ff. Roma, 4⁰.

Pubblicazioni dell' Istituto d'Igiene della R. Università, Padova. Vol. I—IV ff., 1898 bis 1909 ff. Padova, 8⁰.

Publicados, Montevideo, s. Anales, Montevideo.

Publications, Colorado College. General Series, No. 17, 19, 22—33 ff. Colorado Springs, 8⁰.

Publications, decennial, s. Gazette, the botanical.

Publications of the Allegheny Observatory. Vol. I—II ff. Pittsburg, 8⁰.

Publications of the Augustana Library, Rock-Island. No. 1—2, 4, 6 ff. Rock-Island, 8⁰.

Publications of the Cincinnati Observatory. Vol. VI—XIII ff., 1879—1898 ff. Cincinnati, 8⁰.

Publications of the Field Columbian Museum, s. Publications of the Museum of Natural History, Chicago.

Publications of the Museum of Natural History (Field Columbian Museum), Chicago. Anthropological Series, vol. I—III ff.; Geological Series, vol. II—IV ff.; Botanical Series, vol. II ff.; Ornithological Series, vol. I ff.; Report Series, vol. II—III ff.; Zoological Series, vol. VI—VIII, °X ff. Chicago, 8⁰.

Publications of the University of California. Botany, vol. °II—IV ff.; Geology, vol. V, No. 12—13 ff.; Zoology, vol. °I—VII ff. Berkeley, 8⁰.

Publications of the University of Pennsylvania. Contributions from the zoological laboratory, vol. I, VIII—XVI ff., 1893, 1901—1911 ff.; botanical laboratory, vol. II—III ff., 1898—1907 ff. Series in history, vol. III ff. Boston und Philadelphia, 8⁰.

Publications of the U. S. Naval Observatory, Washington. 1872—1892, u. 2. Serie, vol. I—V ff. Washington, 8⁰.

Publications of the Washburn Observatory, University of Wisconsin, Madison. Vol. I—IV, VI—XII ff., °1882—1907 ff. Madison, 8⁰.

Publications, Ottawa, s. Report, Ottawa.

Publications (Report) of the Manchester Museum at Owens College. No. 24—34, 36—48, 50—71 ff. (schicken nur die Nos. mit wissenschaftlichen Abhandlungen) Manchester, 8⁰.

Publications, special, Chicago, s. Bulletin, Academy of Chicago.

Publications de l'Observatoire physique central Nicolas, St. Pétersbourg. 2. Série, vol. II—III, V—XVIII ff., °1896—1910 ff. St. Pétersbourg, 8⁰.

Publikationen der kgl. Ungar. geologischen Anstalt, Budapest. 1887—1906 ff. Budapest, 8⁰.

Publikationen der kgl. Ungar. Reichsanstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus. Teil 2—8 ff., 1900—1909 ff. Budapest, 8⁰.

Publikationen der Sternwarte des eidgen. Polytechnikums. Bd. I—IV ff., 1897—1909 ff. Zürich, 8⁰.

Publikationen des Astrophysikalischen Observatoriums in Potsdam. Band I—XXII ff., 1878—1911 ff. Nebst Beilage: Photographische Himmelskarte, Bd. I—V ff., und Ergänzungen und Berichtigungen. Potsdam, 4⁰.

Publikationen des Astrophysikalischen Observatoriums Königstuhl-Heidelberg (Grossh. badische Sternwarte). Bd. I—III ff., 1902—1909 ff. Karlsruhe, 4⁰.

Quarterly, Kansas University. Vol. I—VIII, 1892—1899. (Fortsetzung s. Bulletin.) Lawrence, 8⁰.

Rabenhorst: Kryptogamenflora von Deutschland, Oesterreich und der Schweiz. Bd. I ff. (in verschiedenen Abteilungen), 1844—1911 ff. Leipzig, 8⁰.

Rapports, Ottawa, s. Report, Ottawa.

Records of the Australian Museum, Sidney. Vol. I—VIII ff., 1890—1910 ff. Sidney, 8⁰.

Records of the Geological Survey of India, Calcutta. Vol. I—XL ff., 1868—1910 ff. Index zu vol. I—XXX. Calcutta, 8°.

Recueil des Mémoires et Travaux de la Société botanique de Luxembourg. Vol. I—V; XII—XVI, °1874 ff. (Fortsetzung s. Bulletin, Luxembourg.) Luxembourg, 8°.

Recueil des Travaux botaniques, publiées par la Société botanique néerlandaise. Vol. I bis VII ff., 1904—1911 ff. Nijmegen, 8°.

„Redia". Giornale di Entomologia, R. Stazione di entomologia agraria. Vol. I—VI ff., 1903—1909 ff. (früher Rivista di patologia vegetale, s. dort). Portici, Firenze, 8°.

Regenwaarnemingen, Royal magnetical and meteorological Observatory, Batavia. Vol. I—XXX ff., 1879—1908 ff. Batavia, 4°.

Reichenbach: Deutschlands Flora. Vol. I—XXV ff., 1837—1911 ff. Gera, 8° und 4°.

Rendiconti del Circolo matematico di Palermo. Vol. I—XXXI ff., 1884—1911 ff., und Supplement, vol. I—VI ff., 1906—1911 ff. Palermo, 8°.

Rendiconti del R. Istituto Lombardo di scienze e lettere di Milano. 1. Seria, vol. I—IV; 2. Seria, vol. I—XLIII ff., 1864—1910 ff. Milano, 8°.

Rendiconti della R. Accademia dei Lincei, s. Atti della R. A. dei L., Roma.

Rendiconto, Accademia delle Scienze fisiche e matematiche di Napoli. 2. Seria, vol. VII—VIII; 3. Seria, vol. I—XVI ff., 1893—1910 ff. Napoli, 8°.

Repertorium, Stuttgart, s. Jahrbuch, neues, für Mineralogie, Heidelberg und Stuttgart.

Report and Proceedings of the Natural history and philosophical Society of Belfast. 1880/81—1882/83; 1884/85—1909/10 ff. Belfast, 8°.

Report, annual, Agricultural experiment Station, University of California. Vol. XXII ff., 1903—04 ff. Berkeley, 8°.

Report, annual, Academy of Sciences, Chicago. Vol. XXXVIII, XL, 1895, 1897. Chicago, 8°.

Report, annual, Missouri Botanical Garden, St. Louis. Vol. I—XXI ff., 1890—1910 ff. St. Louis, 8°.

Report, annual, Museum and Zoological Gardens of Pretoria, s. Report, annual, of the Transvaal Museum, Pretoria.

Report, annual, Museum of Comparative Zoology, Cambridge (Mass.). 1897—1902 ff. Cambridge, 8°.

Report, annual, of the American Bureau of Ethnology, Smithsonian Institution, Washington. Vol. I—XV, XVII—XXVI ff., 1879—1880, 1883—1905 ff. Washington, 8°.

Report, annual, of the Department of the Interior, U. S. Geological Survey, Washington. Vol. I—III, VI, X—XXXI ff., 1867—1880, 1883—1910 ff. Washington, 8°.

Report, annual, of the Jowa geological Survey, Des Moines. Vol. I—XI, XIII—XV, XIX ff., 1891—1900, 1902—1904, 1908 ff. Des Moines, 8°.

Report, annual, of the Michigan Academy of Science, Lansing. Vol. I—XII ff., 1894 bis 1910 ff. Lansing, 8°.

Report, annual, of the Transvaal Museum (Museum and Zoological Gardens of Pretoria). 1906/08 ff. Pretoria, 8°.

Report, annual, of the University of the State of New York, New York State Museum. Vol. XLIV—LXII ff., 1891—1908 ff. Albany, New York, 8°.

Report, annual, Ohio State University, Columbus. Vol. XXX—XXXI ff. Columbus, 8°.

Report, annual, Public Museum of Milwaukee. Vol. I, V, VII—XXVI ff. Milwaukee, 8°.

Report, annual, University of Nebraska, Agricultural Experiment Station, Lincoln. Vol. I—XV, XXI—XXIII ff., 1888—1901, 1908—1910 ff. Lincoln, 8°.

Report from the Laboratory of the Royal College of Physicians, Edinburgh. Vol. I bis IX ff., 1889—1905 ff. Edinburgh, 8°.

Report, general, Geological Survey of India, Calcutta. 1898—1903; Report of Scientific Advice, 1908/09 ff. Calcutta, 8°.

Report, Geological Survey of Michigan, Lansing. 1903—1906 ff. Lansing, 8°.

Report of his Majestys Astronomer of the Cape of Good Hope, London. 1889—1892, 1894, 1897—1909 ff. London, 4°.

Report of the American Museum of Natural History, New York. Vol. I—II, VII, XI—XII, 1870—1881, und für 1898. New York, 8°.

Report of the Australian Association for the Advancement of Science, Sidney. Vol. IV—XII ff., 1892—1909 ff. Sidney, 8°.

Report of the Australian Museum, Sidney. 1898—1910 ff. Sidney, 4°.

Report of the British Association for the Advancement of sciences, London. Vol. XXXII, XXXIV—XLIII, XLV, LIV—LVIII, LXI—LXV, LXVIII—LXXIX ff., 1862, 1864—1873, 1875, 1884—1888, 1891—1895, 1898—1909 ff. London, 8°.

Report of the Bureau of geology and mines, State of Missouri, Rolla. 2. Series, vol. I—IV ff. Beilage: Biennial Report, vol. XLII—XLIV ff. Rolla, 8°.

Report of the Department of Agriculture in India, Calcutta. 1905—1910 ff. Calcutta, 8°.

Report of the Geological (and natural history) Survey of Canada. New Series, vol. I—XIII, XVI ff., °1885—1904 ff. Summary Report 1906—1908 ff. Mit Beilagen: Publications etc. Ottawa, 8°.

Report of the South African Association for the Advancement of science. Vol. I—II ff., 1903—1904 ff. Johannesburg (Transvaal) und Cape Town, 8°.

Report of the U. S. Naval Observatory, Washington. 1899—1905, 1907, 1909—1910 ff. Washington, 4°.

Report (Publications) of the Manchester Museum at Owens College. 1890—1909 ff. Manchester, 8°.

Report, Smithsonian Institution, Washington. Report of the Board of Regents. 1857—1908 ff., and Report: U. S. National Museum. 1895—1909 ff. Washington, 4° und 8°.

Report, the annual, of the Board of Directors, Zoological Society of Philadelphia. Vol. II, VIII, X—XXXVIII ff. Philadelphia, 8°.

Report, U. S. Department of Agriculture, Washington. (Commissionar of Agriculture: 1872—1882; Monthly Report: 1872—1874). Vol. LXVII. Washington, 8°.

Resultater, s. Arbeiten, Christiania, Bergen.

Results of Meridian Observations of stars, Royal Observatory, Cape of Good Hope. 1861—1870, 1888—1895 ff. London, 8°.

Revista del Museo de La Plata. Vol. °I—XVI ff. La Plata, 8°.

Revista do Museu Nacional de Rio de Janeiro. Vol. I ff., 1896 ff. Rio de Janeiro, 8°.

Revista, Sociedade scientifica, Museo Paulista. Vol. I—VII ff., 1895—1907 ff. S. Paulo, 8°.

Revue bretonne de botanique pure et appliquée, Université de Rennes, Faculté des sciences, Laboratoire de botanique appliquée. Vol. I—VI ff., 1906—1911 ff. Rennes, 8°.

Revue d'Auvergne, publiée par la Société des Amis de l'Université de Clermont. Vol. XVI, XVII, No. 1—2, XXIV—XXVII ff., °1899—1900, 1907—1910 ff. Clermont-Ferrand, 8°.

Revue de mathématiques (früher Rivista di matematiche), Turin. Vol. I—VIII ff., 1891—1902/06 ff. (Nebst Beilagen, s. Bollettino di bibliografia.) Turin, 4°.

Revue scientifique, Paris. Vol. XXIX—XLIX ff., 1892—1911 ff. Paris, 4°.

Revue sémestrielle des publications mathématiques. Vol. IV—XIX ff., 1896—1911 ff. Amsterdam, 8°.

Rivista di matematiche, Torino, s. Revue de mathématiques, Turin.

Rivista di patologia vegetale. Vol. I—VII, 1892 ff. (Fortsetzung s. „Redia") Padova, Firenze, 8°.

Rivista tecnica e coloniale di scienze applicate, Bollettino di merceologia, Napoli. Vol. I ff., 1911 ff. Napoli, 8°.

Rozpravy, Böhm. Kaiser Franz Joseph-Akademie der Wissenschaften, Literatur und Kunst, Prag. 1891—1909 ff. Mit Beilage: Bulletin internat. de médecine, et des sciences mathématiques et naturelles, vol. I—XIV ff. Prag, 8⁰.

Rübsaamen: Die Zoocecidien. Lfg. 1 ff., 1911 (Zoologica). Stuttgart, 4⁰.

Rundschau, naturwissenschaftliche. Bd. I—XXVI ff., 1886—1911 ff. (früher: Der Naturforscher, s. dort). Braunschweig, 4⁰.

Sars: Crustacea, s. Aarbog, Bergens Museum.

Schmidt: Atlas der Diatomaceenkunde. Lfg. 1—67 ff., 1874—1907 ff. Aschersleben, Leipzig, fol.

Schriften der kaiserl. Russischen mineralog. Gesellschaft, St. Petersburg. 1842 (vorher Arbeiten, nachher Verhandlungen, s. dort). St. Petersburg, 8⁰.

Schriften der Naturforschenden Gesellschaft Danzig. Neue Folge, Bd. I—XII ff., 1863—1907 ff., und Festschrift 1893 (früher: Versuche und Abhandlungen, bezw. Schriften, neueste, s. dort). Danzig, 4⁰.

Schriften der Naturforscher-Gesellschaft der Universität Dorpat. Bd. I—XIX ff. Dorpat, 8⁰.

Schriften der Physikal.-ökonom. Gesellschaft in Königsberg. Bd. I—L ff., 1860 bis 1909 ff. Königsberg, 4⁰.

Schriften des Naturwissenschaftlichen Vereins des Harzes in Wernigerode. Bd. I—XI ff., 1886—1896 ff. Wernigerode, 8⁰.

Schriften des Naturwissenschaftlichen Vereins für Schleswig-Holstein. Bd. I, Heft 3, II—XIV ff., 1875—1909 ff. Kiel, 8⁰.

Schriften des Vereins für Geschichte und Naturgeschichte der Baar- und der angrenzenden Landesteile in Donaueschingen. Bd. I—XII ff., 1870—1909 ff. Tübingen, Karlsruhe, Donaueschingen, 8⁰.

Schriften des Vereins zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse in Wien, k. k. technische Hochschule. Bd. II—L ff., 1860—1909/10 ff., und Festschrift 1860—1910. Wien, 8⁰.

Schriften, neue, der Gesellschaft naturforschender Freunde in Berlin. 1795—1803 (vorher Beschäftigungen, bezw. Schriften, nachher: Magazin, Verhandlungen, Sitzungsberichte, s. dort) Berlin, 4⁰.

Schriften, neueste, der Naturforschenden Gesellschaft Danzig. 6 Bände. 1820—1861. (früher Versuche und Abhandlungen, nachher Schriften, s. dort.) Danzig, 4⁰.

Schriften (vom VII. Bande an Beobachtungen und Entdeckungen) der Gesellschaft naturforschender Freunde in Berlin. 11 Bde. 1780—1794. (vorher: Beschäftigungen, nachher: Neue Schriften, s. dort.) Berlin, 8⁰.

Science; a weekly journal devoted to the advancement of science. Alte Serie, vol. XIX—XXIII; neue Serie, vol. I—XXXIII ff., 1892—1911 ff. New York, 4⁰.

Sitzungsberichte der Gesellschaft für Morphologie und Physiologie in München. Bd. I—XXVI ff., 1886—1910 ff. München, 8⁰.

Sitzungsberichte der Gesellschaft naturforschender Freunde in Berlin. 1875—1910 ff. (vorher Beobachtungen u. Entdeckungen, Beschäftigungen, Schriften, neue Schriften, Magazin, Verhandlungen, s. dort). Berlin, 8⁰.

Sitzungsberichte der k. k. Akademie der Wissenschaften, mathemat.-naturwissensch. Klasse, Wien, Abt. I, II a u. b, III, Bd. I—CXIX ff., 1848—1910 ff., und Registerbände (s. auch Mitteilungen, Wien). Wien, 8⁰.

Sitzungsberichte der k. k. Geolog. Reichsanstalt, Wien, s. Verhandlungen.

Sitzungsberichte der kgl. Preussischen Akademie der Wissenschaften, Berlin. 1881 bis 1910 ff., mit Registern. (1854—1855 unter dem Titel: Bericht über die Verhandlungen, 1856—1880: Monatsberichte.) Berlin, 8⁰ u. 4⁰.

Sitzungsberichte der mathemat.-naturwissenschaftlichen Klasse der kgl. Böhm. Gesellschaft der Wissenschaften in Prag. 1863—1910 ff., und Register 1884—1904. Prag, 8⁰ u. 4⁰.
Sitzungsberichte der mathemat.-physikal. Klasse der kgl. Bayer. Akademie der Wissenschaften in München. 1860—1910 ff. München, 8⁰.
Sitzungsberichte der Naturforschenden Gesellschaft in Leipzig. Bd. I—XXXVI ff., 1874—1909 ff. Leipzig, 8⁰.
Sitzungsberichte der Naturforscher-Gesellschaft der Universität in Dorpat. Bd. I bis XVIII ff. Dorpat, 8⁰.
Sitzungsberichte der Niederrhein. Gesellschaft für Natur- und Heilkunde in Bonn, s. Sitzungsberichte des Naturhistor. Vereins der preuss. Rheinlande und Westphalens, und Verhandlungen, idem.
Sitzungsberichte der Physikal.-medizin. Gesellschaft in Würzburg. 1881—1910 ff. (vorher Verhandlungen, bezw. Zeitschrift, s. dort). Würzburg, 8⁰.
Sitzungsberichte der Physikal.-medizin. Societät Erlangen, Bd. I, III—XX, XXII bis XLI ff., ○1867—1909 ff., und Festschrift 1908. Erlangen, 8⁰.
Sitzungsberichte des Deutschen naturwissenschaftlich-medizin. Vereins für Böhmen „Lotos", Prag, s. Lotos.
Sitzungsberichte des Naturhistorischen Vereins der preussischen Rheinlande und Westphalens (der Niederrhein. Gesellschaft für Natur- u. Heilkunde) in Bonn. 1895 bis 1910 ff. Bonn, 8⁰.
Sitzungsberichte des Siebenbürgischen Musealvereins in Klausenburg, medizin.-naturwissenschaftl. Sektion, ärztliche und naturwissenschaftl. Abteilung. 1887—1905, 1908—1910 ff. Klausenburg, 8⁰.
Sitzungsberichte und Abhandlungen der Genossenschaft „Flora" in Dresden. Neue Folge, Bd. I—XIV ff., 1896/97—1909/10 ff., und Beilagen: Festschrift, etc. Dresden, 8⁰.
Sitzungsberichte und Abhandlungen der Naturwissenschaftlichen Gesellschaft „Isis" zu Bautzen, 1896—1905 (Fortsetzung s. Bericht über die Tätigkeit). Bautzen, 8⁰.
Sitzungsberichte und Abhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft Rostock. Neue Folge, Bd. I—II ff. Rostock, 8⁰.
Sitzungsberichte und Abhandlungen der Naturwissenschaftlichen Gesellschaft „Isis", Dresden. 1861—1910 ff. Dresden, 8⁰.
Skrifter, Bergens Museum. Bd. I ff. Bergen, 8⁰.
Skrifter, kongel. Norske Videnskabers Selskabs. 1888—1909 ff. Trondjem, 8⁰.
Skrifter, udgivne af Videnskabsselskabet i Christiania. I. Mathemat.-naturvidenskab. Klasse. 1894—1909 ff. Christiania, 8⁰.
Smith, J. J.: Die Orchideen von Java, Heft 1—4 ff. (Floro von Buitenzorg). Leiden, 8⁰.
Stöpel, s. Veröffentlichungen, Buenos-Ayres.
Studies, Colorado College; papers read before the C'. C'. scientific Society. Vol. V bis XVII ff., 1894—1906 ff. Colorado Springs (U. S. A.), 8⁰.
Studies, Tufts College. Vol. I—III ff., 1894—1910 ff. Tufts College (U. S. A.), 8⁰.
Studies, University of Colorado. Vol. I—VIII ff., 1902—1910 ff. Boulder (Colorado), 8⁰.
Studies, University of Nebraska. Vol. I—X ff., 1888—1910 ff. Lincoln (Nebraska), 8⁰.
Süd-Polar-Expedition 1901—1903, deutsche, hgg. v. Erich v. Drygalski. Bd. ○I—XII ff. (alles vorhanden, was erschienen). Berlin, fol.
Survey, geological, of Michigan. Vol. V, VII, ○VIII, IX ff., 1881—1904 ff. Lansing, 8⁰.
Survey, Kansas University geological, s. Bulletin Lawrence.

Tätigkeitsbericht der Naturforschenden Gesellschaft Baselland. 1900—1906 ff. Liestal, 8⁰.
Texeira, s. Jornal.
Thiele, Joh.: Studien über pazifische Spongien. (Zoologica, Heft 24 und 24 II, 1898-1899) Stuttgart, 4⁰.

Tidsskrift, Botanisk, udgivet af Dansk Botanisk Forening, Kjobnhavn, s. Journal de la Société botanique à Copenhague.

Tidskrift, entomologisk, Entomologiska Föreningen, Stockholm. (Journal entomologique.) Vol. XIII—XXXI ff., 1892—1910 ff. Stockholm, 8⁰.

Tidskrift, Svensk Botanisk, uitgeven af Svenska Botaniska Föreningen, Stockholm. Vol. I—IV ff., 1907—1910 ff. Stockholm, 8⁰.

Tijdschrift, natuurkundig, Natuurkundig Vereeniging in Ned.-Indië, Batavia. Neue Serie, Bd. I—VII; 3. Serie, Bd. I—IV; 4. Serie, Bd. I—VI; 5. Serie, Bd. I—V; 6. Serie, Bd. I—V; 7. Serie, Bd. I—VIII; 8. Serie, Bd. I—XII; 9. und 10. Serie, Bd. I—X ff. = Heft 1—69 ff., 1853—1910 ff. Batavia, 8⁰.

Transactions, Academy of Sciences of New York. Vol. I—XVI ff., 1881—1897 ff. New York, 8⁰.

Transactions and Proceedings, New Zealand Institute. Vol. II, IV—XL ff., 1869, 1872—1907 ff. Auckland und Wellington, 8⁰.

Transactions and Proccedings of the Botanical Society of Edinburgh. Transactions: Vol. I, 1844, part 1, 3; IV, 1850—1853, part 1—3; V, 1856—1857, part 1—2; VI, 1858, part 1; VIII, 1864—1865, part 1—2; IX, 1867, part 1; Transactions and Proceedings: Vol. X, part 2; XI, part 2; XII, part 1—3; XIII, part 1—2; XIV, part 1—3; XV, part 1—2; XVI—XXV ff., °1870—1910 ff. Edinburgh, 8⁰.

Transactions of the Academy of Sciences of St. Louis. Vol. I—XVIII ff., 1860—1908 ff. St. Louis, 8⁰.

Transactions of the American Mathematical Society, Lancaster. Vol. I—V ff., 1900 bis 1904 ff., and Index to vol. I—V. Lancaster, 8⁰.

Transactions of the American Microscopical Society (früher Proceedings, s. dort). Vol. XX—XXIX ff., 1898—1909 ff. Lincoln, 8⁰.

Transactions of the Botanical Society of Edinburgh, s. Transactions and Proceedings. Edinburgh.

Transactions of the Canadian Institute, Toronto. Vol. I—VIII ff. = No. 1—19 ff., 1890—1910 ff. Toronto, 4⁰.

Transactions of the Connecticut Academy of Arts and Sciences, New Haven. Vol. I—XIII, °XIV, XVI ff., °1866—1910 ff. New Haven (U. S. A.), 8⁰.

Transactions of the Entomological Society of London. New Series, 1836—1910 ff. London, 8⁰.

Transactions of the Geological Society of Edinburgh. Vol. V—IX ff., 1885—1909 ff. Edinburgh, 8⁰.

Transactions of the Kansas Academy of Sciences, Topeka. Vol. X, XI, XII, part 1, XIII, XVII-XVIII, XX, part 2, XXI-XXII ff., °1885—1889, 1891—1892, 1899—1902, °1906—1909 ff. Topeka, 8⁰.

Transactions of the Liverpool Botanical Society. Vol. I ff. Liverpool, 8⁰.

Transactions of the Meriden scientific Association. Vol. III—VIII ff., 1887—1898 ff. Meriden (U. S. A.), 8⁰.

Transactions of the Natural History Society of Glasgow, s. Naturalist, the Glasgow.

Transactions of the Ottawa Literary and Scientific Society. No. 1—4 ff., 1897—1907 ff. Ottawa, 8⁰.

Transactions of the Philosophical Society of Cambridge (England). Vol. I—XXI ff., 1822 bis 1910 ff. Cambridge, 4⁰.

Transactions of the Royal Academy of Medecine, Dublin. Vol. I–XXVIII ff., 1883–1910 ff., and Index to vol. I—XX. Dublin, 8⁰.

Transactions of the Royal Irish Academy, Dublin. Vol. XXV—XXVIII; Section B, vol. XXIX—XXXIII ff., 1875—1906 ff. Dublin, 4⁰.

Transactions of the Royal Society of Edinburgh. Vol. XXII—XLVII ff., 1861—1909 ff., and Indexes. Edinburgh, 8⁰.

Transactions of the Royal Society of South Africa. Vol. I—II ff., 1909—1910 ff. Cape Town, 8⁰.

Transactions of the Royal Society of Victoria. Vol. V ff., 1909 ff. Melbourne, 8⁰.

Transactions of the South African Philosophical Society. Vol. I-XVIII ff., 1878-1909 ff. Cape Town, 8⁰.

Transactions of the Wisconsin Academy of Sciences, Arts and Letters. Vol. I—XVI ff., 1872—1909 ff. Madison, 8⁰.

Transactions of the Yorkshire Naturalists Union. Part 32—34 ff., 1905—1908 ff. London und Hull, 8⁰.

Transactions of the Zoological Society of London. Vol. I—XIX ff., 1835—1910 ff. London, 4⁰.

Transactions, philosophical, of the Royal Society of London. 1665—1674; vol. I—LXX; vol. LXXI—CX (= 1781—1820); vol. CXI—CLXXVII (= 1821—1886); Section A u. B, vol. CLXXVIII—CC ff.; Section A, vol. CCI—CCIX ff. (= 1887—1909 ff.), and Indexes. London, 4⁰.

Transactions, scientific, Royal Dublin Society. 2. Series, vol. I—IX ff., 1877—1909 ff. Dublin, 4⁰.

Transactions, Texas Academy of Sciences. Vol. I—X ff., 1892—1907 ff. Austin, 8⁰.

Travaux de la Société impér. des Naturalistes de St. Pétersbourg. Comptes-rendus des travaux, vol. °XXVII—XXXIX ff., °1896—1908 ff.; Travaux 1908—1909 ff.; Section de Géologie et de Minéralogie, vol. °XXV—XXXIV ff., °1897—1907 ff.; Section de Botanique, vol. °XXVII—XL ff., °1897 ff.; Section de Zoologie et de Physiologie, vol. °XXVII—XL ff., °1897—1908 ff. St. Pétersbourg, 4⁰ u. fol.

Travaux et Mémoires du Bureau international des poids et mesures, publiés par le Comité international du Bureau. Vol. I—XIV ff., 1881—1910 ff. Paris, 4⁰.

Travaux scientifiques de l'Observatoire magnétique et météorologique d'Irkutsk. (noch nichts erhalten, Tausch 1910 eingeleitet). Irkutsk, 8⁰.

Travaux scientifiques de l'Université de Rennes. Vol. I—VI ff., 1901—1907 ff. Rennes, 8⁰.

Travaux, Stockholm, s. Meddelanden, botaniska Institutet, Stockholm.

Tridentum, Rivista mensile di studi scientifici. Vol. °II, III—XIII ff., °1900, 1901 bis 1911 ff. Trento, 8⁰.

Tschermaks mineralog. und petrogr. Mitteilungen, s. Mitteilungen, Tschermaks.

Uebersicht der Arbeiten und Veränderungen der Schlesischen Gesellschaft für vaterländische Kultur. 1827—1829, 1831, 1834, 1839—1841, 1844—1849 (ab 1850 unter dem Titel: Jahresbericht, s. dort). Breslau, 4⁰.

Undersökning, Helsingfors, s. Bulletin, bezw. Meddelanden, Commission géologique de Finlande, Helsingfors.

Undersökning, Sveriges geologiska, s. Afhandlingar, Arsbok u. Meddelanden, Stockholm.

Untersuchungen zur Naturlehre des Menschen und der Tiere (von † Moleschott u. a). Bd. I—XVII ff., 1856—1900 ff. Frankfurt a/M., Giessen, 8⁰.

Verhandelingen, natuurkundige, van de Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen te Haarlem. 2. Verzameling, Teil 1—14, 16—17, 19, 21—22, 24—25; 3. Verzameling, Teil 5, No. 3; 6, No. 1—4 ff., °1841—1908 ff. Haarlem, 4⁰.

Verhandelingen, nieuwe, koningl. Akademie der Wetenschappen, Amsterdam. Teil 1—12, 1827—1846; 1. Sektion, deel 1—3, 5—10 ff.; 2. Sektion, deel 1—16 ff., 1892 bis 1910 ff. Amsterdam, 4⁰ u. 8⁰.

Verhandlungen der Deutschen physikalischen Gesellschaft, Berlin (früher: der Physikal. Ges. Berlin). Bd. V—XVII; neue Folge, Bd. I—XII ff., 1887—1910 ff. Berlin, Leipzig, 8°.

Verhandlungen der Gesellschaft naturforschender Freunde in Berlin. Bd. I, 6 Hefte, 1819—1829. (vorher: Beschäftigungen, bezw. Beobachtungen und Entdeckungen, Schriften, neue Schriften, Magazin, nachher: Sitzungsberichte, s. dort.) Berlin, 4°.

Verhandlungen der Hamburg. Gesellschaft f. Künste u. Gewerbe. 7 Bde. 1792—1807. (Fortsetzung s. Verhandlungen des Vereins f. Naturwiss. Unterhaltung). Hamburg, 8°.

Verhandlungen der k. k. Geologischen Reichsanstalt, Wien (Sitzungsberichte). 1867 bis 1870, 1872—1911 ff. Wien, 4°.

Verhandlungen der kaiserl. Russischen mineralogischen Gesellschaft in St. Petersburg. 1842—1853, 1855—1858, 1862—1863, 1878—1908 ff. (früher: Arbeiten, bezw. Schriften, s. dort). St. Petersburg, 8°.

Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft Basel. Bd. I—XXI ff., 1857—1910 ff., und Register. Basel, 8°.

Verhandlungen der Naturwissenschaftl. Gesellschaft St. Gallen. 1819—1842 (Fortsetzung s. Bericht, bezw. Jahrbuch). St. Gallen, 8°.

Verhandlungen der Niederrhein. Gesellschaft für Natur- und Heilkunde in Bonn, s. Verhandlungen des Naturhistor. Vereins der preuss. Rheinlande u. Westphalens in Bonn.

Verhandlungen der Ornitholog. Gesellschaft in Bayern (früher: Jahresbericht) Bd. I—X ff., 1897—1909 ff. München, 8°.

Verhandlungen der Physikal. Gesellschaft, Berlin, s. Verhandlungen der Deutschen Physikal. Gesellschaft, Berlin.

Verhandlungen der Physikal.-mediz. Gesellschaft in Würzburg. Bd. I—X, 1850—1860; neue Folge, Bd. I—XVII, 1869—1883 (nachher: Zeitschrift, bezw. Sitzungsberichte, Würzburg, s. dort). Erlangen, 8°.

Verhandlungen der Schweizer. Gesellschaft für die gesamten Naturwissenschaften, (der Schweizer. Naturforschenden Gesellschaft.) Session I—XCIII ff., 1817—1910 ff. (s. auch Compte-rendu, Genève.) Bern, 8°.

Verhandlungen der Zoologisch-botan. Gesellschaft in Wien. Bd. I—LX ff., 1852—1910 ff. Wien, 8°.

Verhandlungen des Botanischen Vereins der Provinz Brandenburg. Bd. XXI—LII ff., 1880—1910 ff., und Register. Berlin, 8°.

Verhandlungen des Deutschen wissenschaftlichen Vereins zu Santiago. Bd. I, Heft 4—6, II—VI ff., 1886—1910 ff. Santiago de Chile, 4°.

Verhandlungen des Naturforschenden Vereins Brünn. Bd. I—XLVII ff., 1862—1908 ff. Brünn, 8°.

Verhandlungen des Naturhistorischen Vereins der preuss. Rheinlande und Westphalens in Bonn (der Niederrhein. Gesellschaft für Natur- und Heilkunde in Bonn). 1844 bis 1910 ff. Bonn, 8°.

Verhandlungen des Naturhistorisch-medizin. Vereins Heidelberg. Bd. I—VI; neue Folge, Bd. I—XI ff., 1857—1910 ff., und Festschrift. Heidelberg, 8°.

Verhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins Hamburg(-Altona). Bd. I—VII, und neue Folge, Bd. I—XVII ff., 1871—1909 ff. Hamburg, 8°.

Verhandlungen des Naturwissenschaftlichen Vereins Karlsruhe. Bd. I—XXIII ff., 1872 bis 1910 ff. Karlsruhe, 8°.

Verhandlungen des Vereins für Natur- und Heilkunde in Pressburg. 1856—1908 ff., u. Festschrift 1856—1906. Pressburg, 8°.

Verhandlungen des Vereins für Naturwissenschaftliche Unterhaltung in Hamburg. Alte Folge, Bd. I—VII, 1871 ff.; 3. Folge. Bd. I—XIII ff., 1893—1907 ff. (vorher: Verhandlungen der Hamburg. Gesellschaft für Künste und Gewerbe, s. dort). Hamburg, 8°.

Verhandlungen über die Versammlung der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte (früher Bericht, amtlicher, ü. d. V. d. N. u. Ä.) für 1828—1836, 1842, 1844, 1846, 1864, 1865, 1867, 1872, 1879, 1889—1910 ff. Frankfurt a. M. etc., 8⁰.

Veröffentlichungen der Deutschen akademischen Vereinigung (Deutscher wissenschaftlicher Verein) zu Buenos-Ayres. Bd. I., Heft 1—8 ff., und Beilage: Stöpel. Buenos-Ayres, 4⁰.

Veröffentlichungen der Grossherz. Sternwarte zu Heidelberg (Karlsruhe). Bd. I—V, 1884—1893; neue Reihe, Bd. I—VI ff., 1900—1910 ff. Karlsruhe, 4⁰.

Veröffentlichungen des Erdmagnetischen Observatoriums bei der kgl. Sternwarte in München. Liefg. 1—2 ff. München, 8⁰.

Veröffentlichungen des kgl. Preussischen meteorologischen Institutes in Berlin. Ergebnisse der meteorolog. Beobachtungen 1887—1895, 1898 ff.; Ergebnisse der Beobachtungen an den Stationen 2. u. 3. Ordnung 1891, Heft 3; 1893—1897, 1898, Heft 3; 1899—1905 ff.; Ergebnisse der Gewitterbeobachtungen 1891—1907 ff.; Ergebnisse der Niederschlagsbeobachtungen °1891—1908 ff. Beilagen: Ergebnisse der Wolkenbeobachtungen in Potsdam, und Regenkarten. Berlin, 4⁰.

Veröffentlichungen, wissenschaftliche, des Vereins für Erdkunde zu Leipzig. Bd. I—VI ff. Leipzig, 8⁰.

Verslagen en Mededeelingen, koningl. Akademie der Wetenschappen, Amsterdam. 4. Reeks, deel 6 ff. Amsterdam, 8⁰.

Verslagen en Mededeelingen, nederlandsch kruidkundig Archiev, Nijmegen, s. Archiev, nederlandsch kruidkundig.

Verslagen van de Zittingen, und Verslagen van de gewone Vergaderingen, koningl. Akademie der Wetenschappen, Amsterdam. Deel 1—16 ff., 1892—1909 ff. Amsterdam, 8⁰.

Versuche und Abhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft Danzig. 3 Teile, 1747-1756, und neue Sammlung, 1 Band, 1778. (nachher unter dem Titel: Schriften, neueste, bezw. Schriften der N. G. D., s. dort.) Danzig, 4⁰.

Verzeichnis der Preisaufgaben, s. Bulletin, Mulhouse.

Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich. Bd. I-LV ff., 1856-1910 ff. (früher Abhandlungen, bezw. Beobachtungen, Berichte, Mitteilungen, s. dort). Zürich, 8⁰.

Wanderer, der, im Riesengebirge. Hgg. vom Deutschen und Österreich. Riesengebirgs-Verein. No. 135-148, 150-180, 183-343 ff., °1894-1911 ff. Hirschberg i. Schl., 4⁰.

Wilson Bulletin, the. Wilson Ornithological Club. Vol. XIV—XIX, XX, Heft 2—3., XXI—XXII ff. Oberlin (Ohio), 8⁰.

Wochenschrift, naturwissenschaftliche. Bd. IV—XXV ff., 1890—1910 ff. (früher: Die Natur, Halle, s. dort.) Berlin, 4⁰.

Yearbook, U. S. Department of Agriculture, Division of biological Survey. 1898—1905, 1907—1909 ff. Washington, 8⁰.

Zeitschrift der botanischen Abteilung des Naturwissenschaftlichen Vereins der Provinz Posen. Bd. V—XVII ff., 1899—1910 ff. Posen, 8⁰.

Zeitschrift der Deutschen geologischen Gesellschaft, Berlin. Bd. I-LXII ff., 1848-1910 ff. (seit 1909 in 2 Teilen: A. Abhandlungen, B. Monatsberichte). Register zu Bd. I—L, 1848—1898. Berlin, 8⁰.

Zeitschrift der Ungarischen geologischen Gesellschaft, hgg. v d. Ungar. geolog. Anstalt (Földtani). Bd. XIV— XL ff., 1884—1910 ff. Budapest, 8⁰.

Zeitschrift des Ferdinandeums für Tirol und Vorarlberg in Innsbruck. 3. Folge, Heft 13—54 ff., 1867—1910 ff. Innsbruck, 8⁰.

Zeitschrift des Mährischen Landesmuseums, hgg. v. d. Mähr. Museumsgesellschaft in Brünn (1897—1898 unter dem Titel: Annales, Museum Francisceum, Brünn). Bd. I—X ff., 1901—1910 ff. Brünn, 8°.

Zeitschrift für Krystallographie u. Mineralogie, Leipzig. Bd. I—XLIX ff., 1877—1911 ff. Repertorium 1891—1897, und Register zu Bd. I—XL. Leipzig, 8°.

Zeitschrift für Meteorologie, Wien, s. Zeitschrift, meteorologische.

Zeitschrift für Naturwissenschaften (die gesamten N.) des Naturwissenschaftlichen Vereins für Sachsen und Thüringen zu Halle. Bd. I—LXXXI ff., 1853—1910 ff. (vorher: Jahresbericht des Naturwissenschaftlichen Vereins zu Halle, s. dort). Halle, Leipzig, Stuttgart, 8°.

Zeitschrift für Naturwissenschaften, Prag, s. Lotos.

Zeitschrift für physikalische Chemie, Leipzig. Bd. IX—LXXVI ff., 1892—1911 ff.; Register zu Bd. I—L. Leipzig, 8°.

Zeitschrift für wissenschaftliche Mikroskopie, Braunschweig. Bd. I—XXVII ff., 1884 bis 1910 ff.; Register zu Bd. I—XX. Braunschweig, 8°.

Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, Leipzig. Bd. I—XCVII ff., 1849—1911 ff.; Supplement zu Bd. LIII, und Register. Leipzig, 8°.

Zeitschrift, meteorologische (Z. für Meteorologie), Wien, hgg. von der k. k. Oesterreich. Gesellschaft für Meteorologie und der Deutschen Gesellschaft für Meteorologie. Bd. I, III—VII, IX—XLVI ff., °1866—1911 ff., und Register. Wien, 8° u. 4°.

Zeitschrift, Würzburger naturwissenschaftliche hgg. von der Physikal.-medizin. Gesellschaft in Würzburg. Neue Folge, Bd. I—VI, 1860—1861 (vorher und nachher: Verhandlungen, später: Sitzungsberichte, Würzburg, s. dort). Würzburg, 8°.

Zeitung, entomologische, hgg. vom Entomologischen Verein Stettin. Bd. XVIII—LXXII ff., für 1857—1910 ff. Stettin, 8°.

Zoologica. Original-Abhandlungen aus dem Gebiete der Zoologie. (Fakultative Anschaffung.) Heft 24 und 24. II, 35. I—V, s. unter den Verfassernamen: Bösenberg, Rübsaamen, Thiele. Stuttgart, 4°.

Zuwachsverzeichnis der Bibliotheken in Zürich. Jahrgg. I—XIV ff., 1897—1910 ff. Zürich, 8°.

Nachtrag.

Bibliographia physiologica. (Beiblatt zum Centralblatt für Physiologie). Hgg. vom Concilium bibliographicum in Zürich. 3. Serie, Bd. II—VI ff., 1906—1911 ff. Leipzig und Wien, 8°.

Zentralblatt, s. Centralblatt.

Ortsregister.

Namen, die man unter C nicht findet, suche man unter K, und umgekehrt.

Die Ziffern nach den Ortsnamen beziehen sich auf die besondern Seitenzahlen 1—36, die dem „Alphabetischen Verzeichnis der Periodica und Serienwerke" am Fusse der Seiten LXXXVIII—CXXIII beigefügt sind.

Gutachten und Antrag

des

Vorstandes der Naturforschenden Gesellschaft Zürich

betreffend die

Abtretung ihrer Bibliothek an die Zentralbibliothek Zürich,

der Hauptversammlung vom 3. Juli 1911 vorgelegt.

Einleitung.

Die stetig anwachsende Fülle der Publikationen auf wissenschaftlichem Gebiete machen die Unterhaltung einer Bibliothek zu einer immer schwierigeren Last. Infolgedessen sehen wir eine wissenschaftliche Gesellschaft nach der andern sich ihrer Bibliotheken entledigen: Die schweizerische botanische Gesellschaft hat ihre Bibliothek an das botanische Museum des Polytechnikum abgetreten, die schweizerische naturforschende Gesellschaft die ihrige an die Stadtbibliothek Bern, ebenso die schweizeriche geschichtsforschende Gesellschaft, die waadtländische naturforschende Gesellschaft an die Kantonsbibliothek in Lausanne.

Auch für unsere Gesellschaft hat sich die Bibliothek zu einer immer schwieriger zu ertragenden finanziellen Bürde ausgewachsen. Wir haben seit Jahren mit Defiziten zu kämpfen und auch der erfreuliche Zuwachs an Mitgliedern vom letzten Jahre bringt, wie unser Budget zeigt, keine entscheidende Besserung.

Denn das Budget für 1911 muss, um kein Defizit aufzuweisen, die Ansätze für die Bibliothek und für die Vierteljahrsschrift gegenüber den Posten des Jahres 1910 erheblich herabsetzen.

Wir sind also an der Grenze unserer Leistungsfähigkeit angelangt; eine ausreichende Mehrung der Einnahmen ist kaum mehr zu erwarten. Als radikale Abhülfe, die zugleich Ellenbogenfreiheit für

andere Aufgaben schafft, liegt eine Abtretung der Bibliothek an ein öffentliches Institut am nächsten, als das beste Mittel zur Sanierung unserer Finanzen.

Gleichzeitig tritt diese Forderung von anderer Seite an uns heran, nämlich von den Fördern der Vereinigung der zürcherischen Bibliotheken zu einem zentralen Institut. Diese rechneten von Anfang an auf eine Beteiligung von Seiten unserer Gesellschaft, und da die Idee einer zürcherischen Zentralbibliothek ihrer Verwirklichung nahe rückt, so ist es Zeit für uns, zu dieser Frage Stellung zu nehmen.

Im Folgenden wollen wir zur Orientierung unserer Mitglieder über alle Seiten dieser Frage zuerst den Stand der Zentralbibliotheksfrage behandeln, dann den Stand unserer Bibliothek, die Frage der Deposita, unseren jährlichen Aufwand für die Bibliothek, die Bedingungen, unter denen wir sie abtreten können, die Bedeutung der Abtretung für unsere Gesellschaft und die Beziehungen dieser Frage zu unsern Statuten. Es soll diese Darstellung gleichzeitig zur Orientierung des andern Kontrahenten, der Organe der Zentralbibliothek, dienen.

I.

Die zürcherische Zentralbibliothek.

Über die Entwicklung der Idee, die zürcherischen Bibliotheken in einem Institut zu zentralisieren, bis zu ihrem gegenwärtigen Stand findet sich ein einlässliches Referat in dem „Bericht des Bibliothekars zu dem Antrag des Konvents an die Stadtbibliothek - Gesellschaft betreffend Verzicht auf die Verwaltung der Stadtbibliothek“, im Jahresbericht 1910 der Stadtbibliothek Zürich.

Die Angelegenheit steht gegenwärtig so:

Von der Regierung des Kantons Zürich und dem kleinen Stadtrat von Zürich sind die von einer ad hoc ernannten Zentralbibliothekskommission geschaffenen Vorlagen betreffend einen Vertrag zwischen Stadt und Kanton über die Errichtung einer Stiftung mit dem Namen: „Zentralbibliothek Zürich, öffentliche Stiftung“ und die Statuten derselben genehmigt worden. Als Bauplatz ist der Amtshausplatz ausersehen, und der Kantonsbaumeister ist mit der Ausarbeitung der Pläne betraut. Die Ratifikation des Vertrags durch den grossen Stadtrat und den Kantonsrat steht noch aus.

Die bisherige Stellung unserer Gesellschaft zu dieser Frage ist folgende:

Im Jahre 1903 wurde von der Erziehungsdirektion der Stadtrat Zürich, die Stadtbibliothek, die juristische Bibliotheksgesellschaft,

die medizinisch-chirurgische Bibliotheksgesellschaft und die naturforschende Gesellschaft zu konferenziellen Verhandlungen über die Zentralbibliothek eingeladen. Als Vertreter der naturforschenden Gesellschaft nahm Herr Prof. Lang an diesen Kommissionssitzungen teil. Herr Prof. Lang teilt darüber Folgendes mit:

„So viel ich mich erinnere, bin ich nur ganz im Anfang in die Lage gekommen, als Vertreter der Interessen der Bibliothek der naturf. Gesellschaft in der Bibliothekskommission eine Erklärung abzugeben, und sie beschränkte sich — soviel ich mich erinnere, konform einem Meinungsaustausch im Schosse der Gesellschaft — darauf, mitzuteilen, dass die Z. N. G. geneigt sei, eventuell ihre Bibliothek der zukünftigen Zentralbibliothek einzuverleiben, unter Bedingungen, die unter den Kontrahenten zu vereinbaren wären. Seither hat die Z. N. G. in den Verhandlungen der Kommission nicht die geringste Rolle mehr gespielt . . . Die Z. N. G. ist selbstverständlich in keiner Weise durch irgend eines meiner Voten gebunden, sondern in ihren Entschliessungen so frei, wie vor der Bestellung der Kommission.“

Aus den Protokollen unserer Gesellschaft geht ferner hervor, dass am 28. Mai 1906 die Hauptversammlung beschlossen hat, den Vorstand zu beauftragen, eine Fünferkommission zu ernennen, welche die Frage der Abtretung unserer Bibliothek an die Zentralbibliothek zu studieren und einer Generalversammlung Anträge zu unterbreiten hatte. Diese Kommission ist nie gewählt worden. Dagegen hat der Vorstand in seiner Sitzung vom 25. Januar 1911 den Bibliothekar und den Präsidenten der Gesellschaft beauftragt, die Angelegenheit zu studieren. Das vorliegende Exposé entspricht der Ausführung dieses Auftrages.

Anderseits ist darauf hinzuweisen, dass bei Bestimmung der Raumbedürfnisse für die Zentralbibliothek auf das Hinzukommen unserer Bibliothek gerechnet wurde. Ferner ist auch bei den Statuten der Zentralbibliothek auf solche beitretende Vereine Rücksicht genommen durch folgenden Passus: „Vereine oder andere juristische Personen, die der Zentralbibliothek jährlich mindestens 2000 Fr. in bar oder in Sammlungsgegenständen zuwenden, sind berechtigt, der Bibliothekskommission einen Abgeordneten mit beratender Stimme beizugesellen.“

Kurz zusammengefasst, liegt die Sache demnach gegenwärtig so:

Kanton und Stadt Zürich sind einig, ihre Bibliotheken zu einer Stiftung zu vereinigen, der jeder Kontrahent zunächst jährlich 50000 Fr. zuwenden soll, die von einer Bibliothekskommission verwaltet werden und jedem Einwohner des Kantons unentgeltlich offen stehen soll.

Diese Stiftung wird in der Erwartung gegründet, dass sie durch den Beitritt der übrigen Bibliotheken Zürichs (mit Ausnahme der Museumsbibliothek, derjenigen des Polytechnikums, der Pestalozzigesellschaft und des Gewerbemuseums) zu einer wirklichen zürcherischen Zentralbibliothek werde.

Unsere Gesellschaft hat sich noch in keiner Weise verpflichtet, ihre Bibliothek abzutreten; sie ist in ihren Entschliessungen noch durchaus frei. Die folgenden Erörterungen sollen die Grundlagen klarlegen, auf welche sich diese Entschliessungen aufzubauen haben.

II.

Der gegenwärtige Stand unserer Bibliothek.

Dieselbe besteht gegenwärtig (Sommer 1911) aus:

800 Zeitschriften in ca. 13 600 Bänden
16 000 Bänden von Einzelwerken
zusammen also ca. 29 600 Bände.

Die in der Bibliothek aufgestellten Bücher nehmen 1650 laufende Brett-Meter ein; sie sind vielfach in zwei Reihen hintereinander plaziert. Die Raumnot wäre noch grösser, wenn nicht gegen 3000 Bände in den Handbibliotheken verschiedener Hochschul-Institute als Deposita aufgestellt wären, einiges auch in den Dachräumen der Stadtbibliothek.

Da der jährliche Zuwachs ca. 15 laufende Meter beträgt, so wird die Raumnot bald unerträglich werden.

Den Geldwert der Bibliothek zu schätzen, erscheint nach den überzeugenden Ausführungen des Oberbibliothekars der Stadtbibliothek, Seite 16 des oben erwähnten Berichtes, als untunlich.

III.

Die Frage der Deposita.

Es hat sich im Laufe der Zeit, durch die Raumnot in der Bibliothek begünstigt, niemals aber durch einen Gesellschaftsbeschluss sanktioniert, der Usus herausgebildet, dass eine grosse Anzahl von Serien von Zeitschriften, sowie von Einzelwerken, als ständige Deposita in den Handbibliotheken einer Anzahl von Hochschul-Instituten aufgestellt bleiben. Diese Deposita stehen selbstverständlich jedem Mitglied in gleicher Weise zur Verfügung, wie auf der Bibliothek; sie müssen aber wenigstens von den zürcherischen Benützern

auf den Instituten geholt oder dort eingesehen werden, was mancherlei Unbequemlichkeiten mit sich bringt.

Es sind gegenwärtig als Deposita aufgestellt:

Bei Herrn	Bände	darunter Serien	mit Bänden
Prof. Schinz (bot. Garten)	1142	14	333
„ Lang (Universität)	854	21	762
„ Werner (Chemiegebäude)	528	8	526
„ Schröter (Bot. Mus. im bot. Garten)	94	3	67
„ Schlaginhauffen (Anatomie)	73	5	64
„ Ernst (Universität)	68	3	63
„ Gaule (Physiologiegebäude)	63	1	
„ Felix (Anatomie)	28	1	

Im ganzen nach dieser Aufstellung ca. 2850 Bände.

Über die Bedeutung dieser Deposita liegen von den drei stärkst beteiligten Institutsleitern folgende Gutachten vor:

Herr Prof. Dr. A. Lang schreibt (unterm 21. V. 1911):

„Als Direktor des zoologischen Instituts habe ich den sehnlichen Wunsch, dass auch unter der Oberhoheit der Zentralbibliothek die Deposita im zoologischen Institut unverändert erhalten bleiben möchten."

Herr Prof. Dr. A. Werner schreibt (unterm 23. V. 1911):

„In Beantwortung Ihrer werten Anfrage teile ich Ihnen mit, dass es für unser Institut von höchster Bedeutung ist, dass die in unserer Bibliothek untergebrachten (deponierten) Bücher in derselben bleiben. Wir brauchen sie ausserordentlich viel und es wäre für uns nicht nur unbequem, sondern ausserordentlich zeitraubend, wenn wir für die Benutzung auf die Zentralbibliothek gehen müssten. Hervorzuheben ist ferner, dass aus dem jetzigen Zustand niemand Schaden hat, denn jährlich werden höchstens etwa 10 Bände von anderen Mitgliedern der Gesellschaft verlangt und stehen diesen Mitgliedern in unserer Bibliothek ebenso leicht zur Verfügung als an einem anderen Ort. Ich würde somit energisch dafür eintreten, dass auch nach Unterbringung unserer Bibliothek in der Zentralbibliothek die deponierten Bücher in unserer Bibliothek verbleiben möchten."

Herr Prof. Dr. Hans Schinz schreibt (unterm 21. V. 1911): „Wir besitzen im botanischen Museum eine ansehnliche Zahl Deposita genannter Bibliothek, deren Anschaffung aus dem ordentlichen Museumskredit einfach unmöglich wäre. Wir sind auf diese Deposita in unserer Arbeit angewiesen. Wenn wir dieselben samt und sonders

an die Zentralbibliothek abzuliefern haben, so erfahren wir — sofern uns nicht aus Staatsmitteln Ersatz geboten wird — schwere Schädigung. Wenn unser bot. Museum bis zur Stunde wenigstens in bescheidenem Masse mit den grössern Schwesterinstituten der Nachbarstaaten Schritt halten durfte, so konnten wir dies tun, dank dieser Bibliothek. Berlin z. B. hat sich in bezug auf sein botanisches Museum auch erst zu erweitern vermocht, seit ihm eine Bibliothek zugesellt worden ist, vordem war eine wissenschaftliche systematische Arbeit im dortigen Museum unglaublich erschwert, weil stets Buch für Buch zuerst auf der k. Bibliothek entliehen werden musste. Für uns ist diese Angelegenheit daher eine Lebensfrage im wahren Sinne des Wortes.“

Für die Beurteilung der Depositen-Frage kommen folgende Gesichtspunkte in Betracht.

1. Es besteht ein Kartell zwischen den verschiedenen Zürcher Bibliotheken, demzufolge grössere Werke und Zeitschriften nur einmal angeschafft werden. Es sind deshalb die wissenschaftlichen Institute der beiden Hochschulen für Vieles auf die Bibliothek der naturforschenden Gesellschaft angewiesen, und können nicht von den staatlichen Bibliotheken die Anschaffung der schon dort vorhandenen Werke verlangen. Das wäre auch gar nicht in ihrem Interesse.

2. Auch die Kantonalbibliothek stellt den Instituten solche Deposita zur Verfügung.

3. Es unterliegt keinem Zweifel, dass die Deposita dort wo sie sich befinden, nämlich auf den Instituten, am meisten gebraucht werden, und dass unsere Gesellschaft dem wissenschaftlichen Leben Zürichs durch dieses liberale Gewährenlassen die grössten Dienste leistete.

4. Eine gewisse Gegenleistung von Seiten des Kantons liegt in der unserer Gesellschaft jährlich gewährten Subvention von 1500 Fr. vor. Dadurch wird der abnorme Zustand, dass staatliche Institute auf permanente Benutzung von Bestandteilen einer Gesellschaftsbibliothek angewiesen sind, einigermassen gemildert.

5. Die Nachteile dieses Zustandes sind :

a) Die Dezentralisation der Bibliothek, und die Notwendigkeit, an mehreren Orten die gewünschten Bücher zusammenzuholen. Besonders, wenn man nicht von vornherein weiss, wo eine Serie steht, ist das oft mit Zeitverlust verknüpft.

Das liesse sich vermeiden durch gedruckte Mitteilungen über den Ort der Deposita, und durch Anstellung eines von unserer Gesell-

schaft dafür zu entschädigenden besonderen Abwartes der Zentralbibliothek, der von dort aus die Bücher zu besorgen hätte.

b) Die ungleiche Verteilung der Deposita auf gleichberechtigte Institute, die sich aus obiger Aufstellung ergibt.

Dieser Übelstand trifft nicht das Prinzip der Deposita und wird sich bei der Neuordnung der Dinge durch gütliche Übereinkunft unter den Institutsvorstehern heben lassen.

Alles in Allem kommen wir zu dem Schlusse, dass die Deposita auf den Hochschulinstituten eines der wichtigsten Mittel bilden, durch welche unsere Gesellschaft der naturwissenschaftlichen Forschung und damit der Allgemeinheit dient; wir haben deshalb allen Grund, auch unter dem neuen Zustand der Dinge auf einen Fortbestand dieser Einrichtung, mit tunlichster Hebung der Übelstände zu dringen.

IV.

Zusammenstellung der Ausgaben für die Bibliothek der Naturforschenden Gesellschaft in den letzten 10 Jahren.

Jahr	Bücher-anschaffungen	Bücher-einbände	Besoldungen an die Herren Koch, Kern u. Schutzbach zusammen	Heizung des Lesezimmers	Verwaltung der Bibliothek *)	Total
	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.	Fr.
1901	4,221.54	970.05	2,172.40	64.—	260.—	7,687.99
1902	4,983.80	1,527.50	2,158.80	38.70	260.—	8,968.80
1903	4,157.26	1,198.85	2,278.80	40.90	270.—	7,945.81
1904	4,319.26	920.95	2,221.20	48.20	300.—	7,809.61
1905	4,189.12	1,009.60	2,538.80	46.70	260.—	8,044.22
1906	4,379.67	870.35	2,465.20	22.50	250.—	7,987.72
1907	4,991.63	975.15	2,538.80	39.50	280.—	8,825.08
1908	4,430.90	1,278.80	2,517.20	34.80	310.—	8,571.70
1909	5,372.34	768.65	2,516.40	55.10	350.—	9,062.49
1910	5,388.02	1,052.05	2,537.20	34.50	350.—	9,361.77
	46,433.54	10,571.95	23,944.80	424.90	2,890.—	84,265.19
Durchschnitt	4,643.35	1,057.20	2,394.50	42.50	289.—	8,426.55

*) Diese Rubrik begreift auch die Versicherung der Bibliothek mit Fr. 115.— jährlicher Prämie. Im übrigen sind die Zahlen dieser Rubrik nur approximativ, da mir die Belege, aus denen die genauen Werte hätten zusammengesucht werden müssen, nicht zur Verfügung standen. Wahrscheinlich sind die Zahlen eher etwas zu klein. (Dr. Kronauer.)

V.

Die von der Naturforschenden Gesellschaft vorzuschlagenden Bedingungen, unter denen eine Abtretung erfolgen kann.

1. Die Naturforschende Gesellschaft tritt der Zentralbibliothek den gesamten Bestand ihrer Bibliothek unentgeltlich ab.

Da sowohl die schweizerische Naturforschende Gesellschaft, als die waadtländische von den öffentlichen Bibliotheken, denen sie die ihrige abgetreten haben, erhebliche jährliche Entschädigungen beziehen (2500, resp. 2000 Fr.), so ist es notwendig, den Vorschlag der unentgeltlichen Abtretung unserer Bibliothek speziell zu begründen. Die Verhältnisse liegen hier insofern anders, als wir unsere Bibliothek nicht direkt dem Staat oder der Stadt abtreten, sondern einer öffentlichen Stiftung. Ferner machen wir weiter unten eine Bedingung (Deposita), welche die Verfügung der Zentralbibliothek über unsere Bibliothek etwas einschränkt und endlich ist die Belastung derselben durch Übernahme unserer bisheriger finanziellen Leistungen (eventuell bis 8000 Fr.) eine sehr bedeutende. Auch die geschichtsforschende Gesellschaft der Schweiz, die antiquarische Gesellschaft in Zürich, Basler, St. Galler und Churer Gesellschaften haben ihre Bibliotheken unentgeltlich abgetreten.

2. Sie verpflichtet sich ferner, den Tausch fortzusetzen, d. h. alljährlich der Zentralbibliothek die nötige Anzahl von Exemplaren der Vierteljahrsschrift zuzustellen, auch bei weiterer Vermehrung des Tauschverkehrs. Die Zentralbibliothek besorgt den Tausch und trägt dessen Kosten.

3. Die Zentralbibliothek sorgt für das Einbinden des gesamten Zuwachses.

4. Sie sorgt für die Fortsetzung der bisher im Abonnement bezogenen Periodica und der begonnenen Lieferungswerke, wobei Doubletten tunlichst zu vermeiden sind.

5. Die Bibliothek ist sachgemäss aufzustellen und zu katalogisieren.

6. Bezeichnung und Katalogisierung sind so durchzuführen, dass jederzeit der Bestand des von der Naturforschenden Gesellschaft herrührenden Teiles der Zentralbibliothek aus den abgelieferten Inventaren und den regelmässig fortgeführten Tausch- und Geschenklisten erkannt werden kann; d. h. die bei der Übergabe vorhandenen Bände und die weiterhin aus dem Tauschverkehr stammenden.

7. Die Benutzung der Bibliothek ist möglichst zu erleichtern, namentlich eine ausschliessliche Vorausbestellung zu vermeiden.

8. Es soll prinzipiell die Möglichkeit gewahrt bleiben, einzelne Serien für längere Zeit auf die Handbibliotheken der Institute zu beziehen, unter der Bedingung:

a) dass die Zentralbibliothek sich die Kontrolle über dieselbe und über ihre Benutzung durch Dritte vorbehält;

b) dass diese Deposita von jedem andern Benutzer in derselben Weise und zu den gleichen Bedingungen benutzt und entlehnt werden können, wie auf der Zentralbibliothek selbst.

9. Es sollen die Zeitschriften nach ihrem Erscheinen auf dem Lesesaal aufliegen.

10. Bei eventueller Auflösung der Zentralbibliothek geht der von der Naturforschenden Gesellschaft herstammende Bestand an Büchern wieder in deren Eigentum zurück.

VI.

Die Stellung der Statuten in der vorwürfigen Frage.

Folgende §§ unserer Statuten berühren die Bibliotheksfrage:

§ 1 Al. 2: Diese Zwecke sucht sie zu erreichen: 2. Durch Äufnung der von ihr angelegten naturwissenschaftlichen Bibliothek, durch Unterhaltung eines Lesezimmers, eventuell durch Einrichtung einer Lesemappe etc.

§ 4 litt. d) handelt vom Bibliothekar.

§ 5 litt. a) u. b) handelt von der Bibliothekskommission.

§ 10 handelt von der Bibliothek.

§ 11 handelt vom Lesezimmer und Lesezirkel.

Es müssen bei Übergang unserer Bibliothek an die Zentralbibliothek alle diese Bestimmungen dem neuen Stand der Dinge angepasst werden. Doch erscheint es zweckmässiger, eine Statutenrevision erst vorzunehmen, wenn der Vertrag mit der Zentralbibliothek vorliegt.

VII.

Bedeutung der Abtretung der Bibliothek für die Gesellschaft.

1. Es werden durch die Abgabe der Bibliothek jährlich etwa 6000—8000 Fr. frei.

Diese beträchtliche Summe könnte verwendet werden:

a) Auf bessere Ausstattung unserer Vierteljahrsschrift, insbesondere Übernahme der Clichés auf eigene Rechnung, statt auf Kosten der Autoren.

b) Zur Unterstützung wissenschaftlicher Arbeiten.

2. Es ist nicht zu befürchten, dass die Mitgliederzahl abnehmen wird, obwohl jedermann die Zentralbibliothek unentgeltlich benutzen kann.

Denn bedenkt man die geringe Zahl der Entlehner auf unserer Bibliothek (110 im Jahre 1910), so sieht man daraus, dass nur für eine Minderzahl unserer Mitglieder die Bibliothek die Hauptanziehung bildet. Vorträge, Vierteljahrsschrift, Neujahrsblatt, Lesezirkel bleiben ja.

3. Eine Herabsetzung unseres Jahresbeitrages als Konsequenz unserer finanziellen Entlastung erscheint nicht gerechtfertigt. Denn tatsächlich bieten wir ja unsern Mitgliedern unter dem neuen Zustand der Dinge nicht weniger als bisher.

4. Den uns unterstützenden Behörden gegenüber können wir folgende Momente für weitere ausgiebige Unterstützung geltend machen:

Wir erweisen der Zentralbibliothek und damit der gesamten Bewohnerschaft des Kantons durch die unentgeltliche Abtretung unserer Bibliothek und unseres reichen Tauschverkehrs, der uns jährlich beträchtliche Summen kostet, einen grossen Dienst.

Unsere Leistungsfähigkeit auf wissenschaftlichem Gebiet wird bedeutend erhöht.

Wir entlasten wie bisher durch die Deposita auf den Hochschul-Instituten die staatlichen Mittel in ganz erheblicher Weise.

VIII.

Schlussantrag.

Der Vorstand der naturforschenden Gesellschaft Zürich, in Erwägung,

1. dass die Bibliothek zu einer für die Gesellschaft unerschwinglichen finanziellen Belastung geworden ist;

2. dass die Gesellschaft in der Erreichung ihrer idealen Ziele „Förderung der Naturwissenschaften und Verbreitung der Naturerkenntnis“ durch Abtretung der Bibliothek an die zürcherische Zentralbibliothek bedeutend gefördert wird, indem die Bibliothek dann den weiteren Kreisen der Allgemeinheit dienen wird, ohne ihre intensive Benutzbarkeit für die wissenschaftlichen Institute zu verlieren;

3. dass die Unterstützung einer so schönen gemeinnützigen und zeitgemässen Institution, wie es die geplante Zentralbibliothek ist, als eine hohe Aufgabe für unsere Gesellschaft erscheint, würdig ihrer grossen Vergangenheit, und im Sinne ihrer ganzen Entwicklung liegend;

4. dass den Mitgliedern nach wie vor die freie Benützung der Bibliothek garantiert ist;

5. dass die freiwerdenden erheblichen Mittel im Interesse der Mitglieder und der Wissenschaft zur Ausgestaltung unserer Publikationen und zur Unterstützung wissenschaftlicher Arbeiten verwendet werden können;

beantragt der Gesellschaft, ihn zu beauftragen, auf Grund der im obigen Absatz V aufgestellten Bedingungen mit den Organen der Zentralbibliothek über die Abtretung unserer Bibliothek an dieselbe zu unterhändeln und ihr das Resultat der Unterhandlungen zum Entscheid vorzulegen.

Verzeichnis der Mitglieder
der
Naturforschenden Gesellschaft in Zürich,
abgeschlossen am 20. März 1912.

I.
Präsidenten der Gesellschaft[1]).

1746—1790 **Johannes Gessner,** Dr. med., Chorherr, Professor der Physik und Mathematik.
1790—1803 **Hans Caspar Hirzel,** Dr. med., Stadtarzt und Ratsherr.
1803—1812 **Joh. Heinrich Rahn,** Dr. med., Chorherr.
1812—1831 **Paul Usteri,** Dr. med., Arzt, Naturforscher und Staatsmann.
1831—1834 **Joh. Caspar Horner,** Dr. phil., Professor der Mathematik, Forschungsreisender.
1834—1847 **Heinr. Rudolf Schinz,** Dr. med., Arzt und Professor der Naturwissenschaften.
1847—1849 **Albert Mousson,** Dr. phil, Professor der Physik.
1849—1851 **Oswald Heer,** Dr. phil., Professor der Botanik.
1851—1853 **Arnold Escher von der Linth,** Dr. phil., Professor der Geologie.
1853—1855 **Albert Mousson,** Dr. phil., Professor der Physik.
1855—1857 **Heinrich Frey,** Dr. med., Professor der Zoologie.
1857—1859 **Albert Mousson,** Dr. phil., Professor der Physik.
1859—1861 **Rudolf Clausius,** Dr. phil, Professor der Physik.
1861—1863 **Arnold Escher von der Linth,** Dr. phil., Professor der Geologie.
1863—1865 **Oswald Heer,** Dr. phil., Professor der Botanik.
1865—1867 **Albert Mousson,** Dr. phil., Professor der Physik.
1867—1869 **Gustav Zeuner,** Dr. phil., Professor der Mechanik.
1869—1870 **Pompejus Bolley,** Dr. phil., Professor der Chemie.
1870—1872 **Johannes Wislicenus,** Dr. phil., Professor der Chemie.
1872—1874 **Carl Culmann,** Dr. phil., Professor der Ingenieurwissenschaften.
1874—1876 **Ludimar Hermann,** Dr. med., Professor der Physiologie.
1876—1878 **Carl Cramer,** Dr. phil., Professor der Botanik.
1878—1880 **Albert Heim,** Dr. phil., Professor der Geologie.
1880—1882 **Heinrich Friedrich Weber,** Dr. phil., Professor der Physik.

[1]) Die historischen Angaben sind der von Prof. Dr. F. Rudio verfassten Geschichte unserer Gesellschaft entnommen, die den ersten Band der „Festschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich 1746—1896" (zugleich 41. Jahrgang der „Vierteljahrsschrift") bildet. Diese Arbeit (274 Seiten und 6 Tafeln) gibt ein getreues Bild der Entwicklung unserer Gesellschaft während der ersten 150 Jahre ihres Bestehens und ist zugleich ein interessantes Stück Zürcher Kulturgeschichte. Sie ist bei der Buchhandlung Beer & Co., Peterhofstatt, Zürich, zum Preise von Fr. 10.— zu beziehen. Der 2. Band der Festschrift, zum selben Preise erhältlich, besteht aus 35 wissenschaftlichen Abhandlungen aus den Gebieten der Mathematik, Geodäsie und Astronomie, Physik, Chemie und Pharmacie, Mineralogie und Geologie, Botanik, Zoologie, Medizin. Er umfasst 598 Seiten und 14 Tafeln.
Der Vorstand.

1882—1884 **Eduard Schär,** Dr. phil., Professor der Pharmacie.
1884—1886 **Wilhelm Fiedler,** Dr. phil., Professor der darstellenden Geometrie.
1886—1888 **Albert Heim,** Dr. phil., Professor der Geologie.
1888—1890 **Carl Schröter,** Dr. phil., Professor der Botanik.
1890—1892 **Heinrich Friedrich Weber,** Dr. phil., Professor der Physik.
1892—1894 **Georg Lunge,** Dr. phil., Professor der Chemie.
1894—1896 **Alfred Kleiner,** Dr. phil., Professor der Physik.
1896—1898 **Wilhelm Ritter,** Dr. phil., Professor der Ingenieurwissenschaften.
1898—1900 **Ferdinand Rudio,** Dr. phil., Professor der Mathematik.
1900—1902 **Jakob Escher-Kündig,** Dr. phil.
1902—1904 **Arnold Lang,** Dr. phil., Professor der Zoologie.
1904—1906 **Ulrich Grubenmann,** Dr. phil., Professor der Mineralogie.
1906—1908 **Alfred Werner,** Dr. phil., Professor der Chemie.
1908—1910 **Max Standfuss,** Dr. phil., Professor der Zoologie.
1910—1912 **Carl Schröter,** Dr. phil., Professor der Botanik.

II.

Sekretäre.[1])

1746—1752 **Hans Ulrich von Blaarer** (ökonomischer Sekretär, auch Notar genannt) und **Hans Conrad Heidegger** (wissenschaftlicher Sekretär).

1752—1759 **Hans Caspar Hirzel,** Dr. med., Stadtarzt. 1759—1778 **Salomon Schinz,** Dr. med., Arzt und Naturforscher. 1778—1790 **Hans Rudolf Schinz,** Pfarrer und Naturforscher. 1790—1796 **Johann Heinrich von Orelli.** 1796—1799 **David Rahn,** Dr. med., Stadtarzt. 1799—1801 **Johann Jakob Cramer,** Pfarrer und Professor. 1801—1823 **Heinrich Rudolf Schinz,** Dr. med., Arzt und Professor der Naturwissenschaften. 1823—1835 **Hans Locher-Balber,** Dr. med., Professor der Medizin. 1835—1843 **Ferdinand Keller,** Dr. phil., Naturforscher und Archäolog. 1843—1847 **Albert Kœlliker,** Dr. med., Professor der Anatomie. 1847—1857 **Rudolf Heinrich Hofmeister,** Dr. phil., Professor der Physik. 1857—1860 **Hermann Pestalozzi-Bodmer,** Dr. med., Arzt. 1860—1870 **Carl Cramer,** Dr. phil., Professor der Botanik. 1870—1880 **August Weilenmann,** Dr. phil., Professor der Physik. 1880—1886 **Robert Billwiler,** Dr. phil., Direktor der meteorologischen Zentralanstalt 1886—1892 **Adolf Tobler,** Dr. phil., Professor der Physik. 1892—1894 **Carl Fiedler,** Dr. phil., Privatdozent der Zoologie. 1894—1899 **Alfred Werner,** Dr. phil., Professor der Chemie. 1899—1906 **Karl Hescheler,** Dr. phil., Prof. der Zoologie. Seit 1906 **Emil Schoch-Etzensperger,** Dr. phil.

III.

Quästoren.[2])

Quästoren des Lotterie- oder Hauptfonds.

1751—1787 **Caspar Scheuchzer.** 1788—1814 **Hans Conrad Lochmann** 1815—1826 **Hans Jakob Pestalozzi.** 1827—1832 **Johann Jakob Hess.** 1832—1842 **Salomon Klauser.** 1843—1854 **Otto Rudolf Werdmüller.**

---

[1]) In den ersten Jahren waren in den Statuten zwei Sekretariate vorgesehen, eines für die ökonomischen und eines für die wissenschaftlichen Geschäfte. Das erstere, auch Notariat genannt, wurde aber nach dem Rücktritt Ulrich von Blaarers, des ersten und einzigen Notars der Gesellschaft, mit dem wissenschaftlichen vereinigt.

[2]) Bis zum Jahre 1854 besass die Gesellschaft zweierlei Quästoren, die des Brauchfonds (auch Quästor-Ausgeber genannt) und die des Lotteriefonds (auch Quästor-Einnehmer genannt). Den ersteren fiel bis zum Jahre 1833 zugleich das Vizepräsidium zu. Im Jahre 1854 wurden die beiden Quästorate vereinigt. Der erste, der das umgestaltete neue Amt übernahm, war Meyer-Ahrens.

Quästoren des Brauchfonds.

1746—1759 **Hans Conrad Meyer,** Staatsmann und Meteorolog. 1759—1790 **Hans Caspar Hirzel,** Dr. med., Stadtarzt. 1790—1803 **Johann Heinrich Rahn,** Dr. med., Chorherr. 1803—1811 **Diethelm Lavater,** Dr. med., Apotheker, Naturforscher und Staatsmann. 1811—1812 **Paul Usteri,** Dr. med., Arzt, Naturforscher und Staatsmann. 1812—1831 **Johann Caspar Horner,** Dr. phil., Professor und Forschungsreisender. 1831—1834 **Heinrich Rudolf Schinz,** Dr. med., Arzt und Professor. 1835—1841 **Leonhard Schulthess,** Kaufmann und Botaniker. 1842—1851 **Johann Jakob Usteri-Usteri,** Kaufmann. 1851—1854 **Adolf Salomon Pestalozzi,** Bankier.

1854—1858 **Conrad Meyer-Ahrens,** Dr. med., Arzt. 1858—1874 **Johann Caspar Escher-Hess,** Kaufmann und Naturforscher. 1874—1876 **Hans Rudolf Schinz-Vögeli,** Kaufmann und Naturforscher. 1876—1887 **Johann Caspar Escher-Hess,** Kaufmann und Naturforscher. Seit 1887 **Hans Kronauer,** Dr. phil., Mathematiker.

IV.
Bibliothekare.

1754—1757 **Johann Jakob Köchlin,** Pfarrer. 1757—1764 **Hans Heinrich Schinz,** Kaufmann und Staatsmann. 1764—1774 **Leonhard Usteri,** Chorherr und Professor. 1774—1778 **Hans Conrad Heidegger,** Staatsmann. 1778-1780 **Johann Heinrich Waser,** Pfarrer. 1780-1792 **Heinrich Lavater,** Staatsmann. 1792—1837 **Christoph Salomon Schinz,** Dr. med., Arzt, Chorherr und Professor. 1837—1881 **Johann Jakob Horner,** Bibliothekar und Professor. 1881—1892 **Johann Friedrich Graberg,** Zeichenlehrer. 1881—1892 **Carl Ott,** Physiker. Seit 1892 **Hans Schinz,** Dr. phil., Professor der Botanik.

V.
Redaktoren der Vierteljahrsschrift.

1856—1893 **Rudolf Wolf,** Dr. phil., Professor der Astronomie.
Seit 1894 **Ferdinand Rudio,** Dr. phil., Professor der Mathematik.

VI.
Ehrenmitglieder.

	Name	Ort	seit
Hr.	**Amsler-Laffon, Jakob,** Dr., Prof.[1]	Schaffhausen	1894
»	**Choffat, Paul,** Dr., Landesgeolog	Lissabon	1896
»	**Dedekind, Richard,** Dr., Prof. an der techn. Hochschule	Braunschweig	1896
»	**Eberth, Karl Josef,** Dr. med., Prof. an der Universität	Halle	1896
»	**Forel, François Alphonse,** Dr., Prof.	Morges	1896
»	**Frobenius, Georg,** Dr., Prof. an der Universität	Berlin	1896
»	**Gräffe, Eduard Heinrich,** Insp. der zoolog. Station	Triest	1896
»	**Hantzsch, Arthur,** Dr., Prof. an der Universität	Leipzig	1896
»	**Hermann, Ludimar,** Dr. med., Prof. an der Universität	Königsberg	1896
»	**Reye, Theodor,** Dr., Prof. an der Universität	Strassburg	1896
»	**Schär, Eduard,** Dr., Prof. an der Universität	Strassburg	1896
»	**Schwarz, Hermann Amandus,** Dr., Prof. an der Universität	Berlin	1896
»	**Schwendener, Simon,** Dr., Prof. an der Universität	Berlin	1899
»	**Weber, Heinrich,** Dr., Prof. an der Universität	Strassburg	1896

VII.
Korrespondierende Mitglieder.

	Name	Ort	seit
Hr.	**Margerie, Emmanuel de,** Dr.	Paris	1883
»	**Bredig, Georg,** Dr., Prof. an der techn. Hochschule	Karlsruhe	1911
»	**Einstein,** Dr., Prof. an der Universität	Prag[2]	1911

[1]) Im Januar 1912 gestorben. — [2]) Siedelt im Herbst 1912 wieder nach Zürich über.

VIII.
Ordentliche Mitglieder[1]).

A. In Zürich wohnend.

	Name	Adresse	Kreis	seit[2])
Hr.	**Abegg, Karl,** Kaufmann	Zollikerstrasse 32	V	1910
»	**Abeljanz, Haruthian,** Dr., Prof. an der Universität	Huttenstrasse 66	IV	1880
»	**Ackerknecht, Eberhard,** Dr., Prosektor a. vet. med. Inst.	Webergasse 10	III	1911
»	**Adler, Guido,** Ingenieur	Winkelriedstrasse 25	IV	1911
»	**Aeppli, August,** Dr., Prof. an der Kantonsschule	Kronenstrasse 24	IV	1889
»	**Amberg, Otto,** Dr. phil.	Limmatquai 50	I	1903
»	**Annaheim, Joseph,** Dr., Chemiker	Limmatplatz 5	III	1888
»	**Arbenz, Paul,** Dr., Privatdozent an beiden Hochschulen	Engl. Viertel 43	V	1905
»	**Bæbler, Emil,** Dr. phil.	Bergstrasse 40	V	1911
»	**Bänziger, Theodor,** Dr. med.	Billrotstrasse 15	V	1889
»	**Bær, Julius,** Bankier	Bergstrasse 54	V	1910
»	**Bäschlin, Fritz,** Ingenieur, Prof. a. d. techn. Hochschule	Scheuchzerstrasse 72	IV	1910
»	**Bareiss, Arthur,** Kaufmann	Alpenquai 22	II	1910
»	**Baudisch, Oscar,** Dr. phil., Assist. am chem. Univ.-Lab. und Privatdozent a. d. Universität	Hadlaubstrasse 36	IV	1910
»	**Baumann-Näf, Moritz,** Dr. phil., Chemiker	Bleicherweg 31	II	1910
»	**Baumann, Walter,** Kaufmann	Mythenquai 70	II	1910
»	**Baur, Emil,** Dr., Prof. an der techn. Hochschule	Gladbachstrasse 47	V	1911
»	**Baur-Widmer, Hans,** Architekt	Mühlebachstrasse 173	V	1910
»	**Beck, Alexander,** Dr., Prof.	Schanzenberg 7	I	**1870**
»	**Beck, Bernhard,** Rektor am freien Gymnasium	St. Annagasse 9	I	1904
»	**Beck, Emil,** Dr., Assistent an der techn. Hochschule	Schanzenberg 7	I	1907
»	**Beer, Robert,** Buchhändler	Peterhofstatt 10	I	1905
»	**Bender, Paul,** Lithographie-Besitzer	Bergheimstrasse 15	V	1911
»	**Bernheim-Karrer, Jakob,** Dr. med.	Gartenstrasse 36	II	1903
Fr.	**Beuteführ, Elise**	Merkurstrasse 68	V	1911
Hr.	**Beyel, Christian,** Dr., Privatdozent an der techn. Hochschule	Merkurstrasse 30	V	1882
»	**Bircher, F. Ernst,** Dr. jur., Rechtsanwalt	Sophienstrasse 2	V	1902
»	**Bircher, Max,** Dr. med.	Keltenstrasse 42	V	1902
»	**Bissegger, Eduard,** Direktions-Sekretär d. Rentenanst.	Wiesenstrasse 14	V	1893
»	**Bleuler, Eugen,** Dr. med., Prof. an der Universität	Burghölzli	V	1900
»	**Bley, Franz,** stud. rer. nat.	Iringerstrasse 3	IV	1910
»	**Bluntschli, Hans,** Dr. med., Privatdozent an der Univ.	Vogelsangstrasse 5	IV	1904
»	**Bolleter, Eduard,** Dr., Sekundarlehrer	Rotbuchstrasse 24	IV	1900
»	**Bommer, Albert,** Apotheker	Zähringerstrasse 9	I	1889
»	**Brandenberger, Konrad,** Dr., Prof. a. d. Kantonsschule	Nägelistrasse 3	V	1902
»	**Breitbart, S.,** cand. phil.	Bellerivestrasse 7	V	1912
»	**Bremi, Walter,** cand. phil.	Bellariastrasse 11	II	1911
»	**Brennwald, Paul,** Kaufmann	Kurhausstrasse 9	V	1911
»	**Bretscher, Konrad,** Dr., Privatdoz. a. d. Universität	Weinbergstrasse 146	IV	1890
»	**Brockmann-Jerosch, Henryk,** Dr., Privatdoz. a. d. Univ.	Kapfgasse 44	V	1907
»	**Brunner, Friedrich,** Dr. med., Asyl Neumünster	Forchstrasse 85	V	1896
»	**Brunner, Otto,** Apotheker	Limmatquai 56	I	1907

[1]) Die Mitglieder sind gebeten, allfällige Adressenänderungen oder sonstige Korrekturen umgehend dem Quästor, Herrn Dr. Hans Kronauer, Dolderstrasse 9, Zürich V, mitzuteilen.
[2]) Die vor 1871 eingetretenen ältesten Mitglieder (5) sind durch fettgedruckte Jahreszahlen ausgezeichnet.

	Name	Adresse		seit
Hr.	**Bühler, Anton,** Dr. med., Privatdoz. a. d. Universität	Plattenstrasse 32	V	1904
»	**Bürgi, Oscar,** Dr., Prof. an der Universität	Seestrasse 43	II	1906
»	**Bützberger, Fritz,** Dr., Prof. a. d. Kantonsschule	Moussonstrasse 14	V	1911
»	**Busse, Otto,** Dr. med., Prof. an der Universität	Scheuchzerstrasse 62	IV	1911
»	**Carpentier, Fritz,** Fabrikant	Dufourstrasse 5	V	1910
»	**Céresole, Maurice,** Dr., Prof. a. d. techn. Hochschule	Hadlaubstrasse 58	V	1910
»	**Cherbuliez, Emil,** Dr., Privatdozent an der techn. Hochschule	Schönleinstrasse 11	V	1909
»	**Cloëtta, Max,** Dr. med., Prof. an der Universität	Plattenstrasse 58	V	1902
»	**Constam, Emmanuel Josef,** Dr., Prof. a. d. techn. Hochschule	Schönberggasse 1	I	1881
Frl.	**Daiber, Marie,** Dr., Assistentin am zoologischen Institut beider Hochschulen	Gloriastrasse 72	V	1906
Hr.	**Debye, Peter,** Dr., Prof. an der Universität	Bolleystrasse 50	IV	1911
»	**Denzler, Albert,** Dr., Privatdozent an der techn. Hochschule	Schmelzbergstr. 14	V	1881
»	**Diebold, Fritz,** Dr. med.	Bahnhofstrasse 7	I	1907
Frl.	**Dübendorfer, Emma,** Dr. med., Ärztin	Bleicherweg 1	II	1912
Hr.	**Düggeli, Max,** Dr., Prof. an der techn. Hochschule	Weinbergstrasse 107	IV	1912
»	**Dumas, Gustave,** Dr., Privatdoz. a. d. techn. Hochschule	Asylstrasse 81	V	1911
»	**Egli, Karl,** Dr., Prof. an der Kantonsschule	Haldenbachstrasse 33	IV	1905
»	**Egli-Sinclair, Theodor,** Dr. med.	Bahnhofstrasse 82	I	1881
»	**Ehrhardt, Jakob,** Dr., Prof. an der Universität	Flössergasse 1	I	1903
»	**Erismann, Huldreich Friedrich,** Dr., Prof., Stadtrat	Plattenstrasse 37	V	1898
»	**Ernst, Alfred,** Dr., Prof. an der Universität	Frohburgstrasse 70	IV	1901
»	**Ernst, Heinrich,** Regierungsrat	Sonneggstrasse 61	IV	1905
»	**Ernst, Julius Walter**	Freiestrasse 21	V	1900
»	**Escher-Kündig, Johann Christof,** Dr. phil.	Gotthardstrasse 35	II	1883
»	**Escher, Hermann,** Dr., Stadtbibliothekar	St. Urbangasse 6	I	1911
»	**Escher, Rudolf,** Prof. an der techn. Hochschule	Hirschengraben 60	I	1874
»	**Escher, Wilhelm Caspar,** Direkt. d. Schw. Kreditanst.	Scheideggstrasse 22	II	1911
»	**Esslen, Joseph,** Dr., Prof. an der Universität	Mühlebachstrasse 174	V	1911
»	**Farny, Jean Lucien,** Prof. an der techn. Hochschule	Fehrenstrasse 23	V	1912
»	**Fassbender, Fritz,** Dr.	Florastrasse 22	V	1910
»	**Feer, Emil,** Dr., Prof. an der Universität	Freiestrasse 108	V	1911
»	**Felix, Walter,** Dr., Prof. an der Universität	Köllikerstrasse 7	V	1891
»	**Fenner, Karl,** Dr., Prof. an der Kantonsschule	Freiestrasse 211	V	1905
»	**Ferraris, Erminio,** dipl. Bergingenieur	Freiestrasse 42	V	1911
»	**Fick, Adolf,** Dr. med., Privatdoz. an der Universität	Schmelzbergstr. 34	V	1887
»	**Field, Herbert Haviland,** Dr., Dir. d. Concil. Bibliogr.	Köllikerstrasse 9	V	1899
»	**Fingerhuth, Max,** Dr. med.	Feldeggstrasse 80	V	1905
»	**Fliegner, Albert,** Dr., Prof. an der techn. Hochschule	Bellerivestrasse 16	V	**1870**
»	**Flückiger, Otto,** Prof. an der höhern Töchterschule	Hadlaubstrasse 70	IV	1910
»	**Flury, Philipp,** Adjunkt der forstl. Versuchsstation	Turnerstrasse 31	IV	1888
»	**Franel, Jérome,** Dr., Prof. an der techn. Hochschule	Wytikonerstrasse 43	V	1892
»	**Frank, Ludwig,** Dr. med.	Freigutstrasse 6	II	1910
»	**Frei, Walter,** Dr., Prof. an der Universität	Hofstrasse 24	V	1912
»	**Frey-Honegger, Wilhelm,** Graphiker	Hafnerstrasse 39	III	1911
»	**Frick, Theodor,** Dr. med., Zahnarzt	Bergstrasse 86	V	1900
»	**Fritschi, Friedrich,** Erziehungsrat	Steinwiesstrasse 18	V	1892
»	**Froehner, Julius,** Dr. med., Zahnarzt	Peterstrasse 1	I	1911
»	**Früh, Jakob,** Dr., Prof. an der techn. Hochschule	Freiestrasse 6	V	1895
Frl.	**Fürst, Rosa**	Plattenstrasse 48	V	1911

				seit
Hr.	**Ganz, Emil,** Photograph	Wartstrasse 14	V	1905
»	**Gassmann, Theodor,** Dr., Zahnarzt	Rämistrasse 39	I	1905
»	**Gaule, Georg Justus,** Dr., Prof. an der Universität	Zürichbergstrasse 124	V	1887
»	**Gnehm, Robert,** Dr., Prof., Präs. d. schw. Schulrates	Eidmattstrasse 26	V	1873
»	**von Gonzenbach, Willy,** Dr. med.	Rigistrasse 6	IV	1912
»	**Grete, E. August,** Dr. phil., Vorst. d. agrikulturchem. Versuchsstat.	Haldenbachstrasse 31	IV	1894
»	**Grossmann, Marcel,** Dr., Prof. a. d. techn. Hochschule	Herrenbergstrasse 1	IV	1908
»	**Grubenmann, Ulrich,** Dr., Prof. a. beiden Hochschulen	Sonnenbergstrasse 19	V	1893
»	**Grün, Karl,** Assistent am pfl.-phys. Lab. d. Universit.	Zeughausstrasse 1	III	1910
»	**Gubler, Eduard,** Dr. phil., Privatdoz. a. d. Universit.	Universitätsstrasse 65	IV	1911
»	**Gysi, Alfred,** Dr. med., Prof. a. d. Zahnarzt-Schule der Universität	Obere Zäune 10	I	1893
»	**Haab, Otto,** Dr. med., Prof. an der Universität	Pelikanstrasse 41	I	1880
»	**Hæmig-Burgmeier, Emil,** Angestellter der S. B. B.	Nordstrasse 64	IV	1911
»	**Hartwich, Karl,** Dr., Prof. a. d. techn. Hochschule	Freiestrasse 76	V	1892
»	**Heim, Albert,** Dr., Prof.	Hottingerstrasse 25	V	**1870**
»	**Heim, Arnold,** Dr., Geolog	Hottingerstrasse 25	V	1906
»	**Henny, Gerhard,** cand. chem.	Turnerstrasse 18 I	IV	1911
»	**Henschen, Karl,** Dr. med., Privatdozent a. d. Univ.	Kantonsspital	I	1910
»	**Herckenrath, Franz,** Ingenieur	Rütschistrasse 12	IV	1912
»	**Herzfeld, Eugen,** Dr., Ass. am chem. Lab. d. Kantonssp.	Universitätsstrasse 11	V	1911
»	**Herzog, Theodor,** Dr., Privatdozent an der techn. Hochschule	Plattenstrasse 50[1])	V	1909
»	**Hescheler, Karl,** Dr., Prof. an der Universität	Mainaustrasse 15	V	1894
»	**Hess, Gottfried,** Architekt	Limmatstrasse 117	III	1911
»	**Heuscher, Johannes,** Dr., Prof. an der Universität	Hegibachstrasse 16	V	1889
Frl.	**Hezner, Laura,** Dr. phil., Assist. u. Privatdoz. a. d. techn. Hochschule	Zürichbergstrasse 100	V	1909
Hr.	**Hilfiker, Jakob,** Dr. phil., Ing. f. schw. Landestopogr.	Talacker 11	I	1907
»	**Hilgard, Karl Emil,** Prof.	Steinwiesstrasse 18	V	1910
»	**Hiller, Eduard,** Apotheker, Sonnenapotheke	Torgasse 20	I	1911
»	**Hirsch, Arthur,** Dr., Prof. a. d. techn. Hochschule	Reinacherstrasse 8	V	1903
»	**Hirschfeld, Ludwig,** Dr. med.	Bergstrasse 118	V	1912
»	**Hirzel, Heinrich,** Dr. med.	Neumarkt 11	I	1908
»	**Höhn, Walter,** Sekundarlehrer	Kurvenstrasse 29	IV	1910
»	**Holstc-Pellekaan, Wilhelm van,** cand. geol.	Turnerstrasse 18	IV	1910
»	**Holzach-Rosselet, Daniel,** Chemiker	Heliosstrasse 18	V	1910
»	**Howald, Ernst,** Dr. phil., Gymnasiallehrer	Häldeliweg 17	V	1911
»	**Hubacher, Karl,** Dr. phil., Kantonsapotheker	Belsitostrasse 20	V	1912
»	**Huber-Stockar, Emil,** Ingenieur	Neumünsterallee 12	V	1888
»	**Huber-Werdmüller, Peter Emil,** Oberst	Mühlebachstrasse 85	V	**1863**
»	**Huber, Hans,** cand. med.	Bäckerstrasse 31	III	1910
»	**Huber, Robert,** Dr., Prof. an der Kantonsschule	Neptunstrasse 12	V	1910
»	**Hüni-Caumont, Emil,** Kaufmann	Brandschenkestr. 28	II	1911
»	**Hug, Jakob,** Dr. phil., Sekundarlehrer	Rietlistrasse 6a	IV	1910
»	**Huguenin, Gustav,** Dr., Prof.	Bergstrasse 50	V	1878
»	**Hurwitz, Adolf,** Dr., Prof. an der techn. Hochschule	Bächtoldstrasse 11	V	1892
»	**Jabs, Asmus,** techn. Direktor	Alpenstrasse 3	II	1905
»	**Jaccard, Paul,** Dr., Prof. an der techn. Hochschule	Konkordiastrasse 12	V	1903
»	**Jænike-Schneider, Emil,** Priv.-Lehrer	Freiestrasse 34	V	1908
»	**Jantsch, Gustav,** Dr., Privatdozent an der Universität	Plattenstrasse 34	V	1910

[1]) Bis Herbst 1912: Freiburg i. Br.

				seit
Hr.	**Keller, W. Adolf,** cand. geol.	Bolleystrasse 18	IV	1911
»	**Keller-Escher, Karl,** Dr., a. Kantonsapotheker	Seestrasse 123	II	1882
»	**Keller, Konrad,** Dr., Prof. an der techn. Hochschule	Forchstrasse 151	V	1875
»	**Kiefer, Adolf,** Dr., Prof. am Institut Konkordia	Minervastrasse 149	V	1894
»	**Klages, Wilhelm,** Hütteningenieur	Rigistrasse 15	IV	1912
»	**Kleiber, Albert,** Dr.	Kirchgasse 13	I	1893
»	**Kleiner, Alfred,** Dr., Prof. a. d. Univ. u. Erziehungsrat	Sumatrastrasse 21	IV	1873
»	**Klett, Max,** Dr. phil., Chemiker	Heliosstrasse 6	V	1911
»	**Klinger, Rudolf,** Dr. med., Assistent am Hyg.-Institut	Feldeggstrasse 41	V	1911
»	**Kollbrunner, Otto,** Dr. med.	Oetenbachgasse 29	I	1910
»	**Kramer, Ulrich,** Dr.	Weinbergstrasse 149	IV	1911
»	**Kronauer, Hans,** Dr., Mathematiker der Rentenanstalt	Dolderstrasse 9	V	1883
»	**Küpfer, Max,** stud. rer. nat.	Klausstrasse 20	V	1911
»	**Kummer, Walter,** Dr., Ing.-Kons., Privatdoz. a. d. techn. Hochschule	Mythenstrasse 15	II	1910
»	**Kym, Otto,** Dr., Chemiker, chem. Univers.-Labor.	Schulhausstrasse 23	II	1910
»	**Lämmel, Rudolf,** Dr.	Schmelzbergstr. 27	IV	1906
»	**Lang, Arnold,** Dr., Prof. an beiden Hochschulen	Rigistrasse 50	IV	1889
»	**Lebedinsky, Nahum,** cand. phil.	Plattenstrasse 50	V	1909
»	**Lehmann, Walter,** Dr. phil., Lehrer am freien Gymn.	Werdgartengasse 16	II	1910
»	**Levien, Max,** cand. phil.	Landoldstrasse 10	IV	1911
»	**Liebmann, Erich,** Assistent am path. Institut	Stadelhoferstrasse 26	I	1912
»	**Lüdin, Emil,** Dr., Prof. an der Kantonsschule	Büchnerstrasse 10	IV	1896
»	**Lüthi, Adolf,** Lehrer am Institut Konkordia	Asylstrasse 92	V	1904
»	**Lunge, Georg,** Dr., Prof.	Carmenstrasse 37	V	1876
»	**Machwürth, Joseph,** Dr., Prof. a. d. Zahnarztschule d. Universität	Gladbachstrasse 83	V	1904
»	**Maier, Hans Wolfgang,** Dr. med., Arzt im Burghölzli	Lenggstrasse 31	V	1909
»	**Maurer, Julius,** Dr., Direkt. d. Meteor. Zentr.-Anst.	Feldeggstrasse 37	V	1881
»	**Medicus, Fritz,** Dr., Prof. a. d. techn. Hochschule	Biberlinstrasse 25	V	1911
»	**Meierhofer, Hans,** Dr., Sekundarlehrer	Hottingerstrasse 32	V	1908
»	**Meissner, Ernst,** Dr., Prof. an der techn. Hochschule	Freudenbergstr. 69	IV	1910
»	**Meister, Otto,** Dr., Chemiker	Universitätsstrasse 89	IV	1893
»	**Meister, Ulrich,** Dr. phil., Nationalrat	Göthestrasse 10	I	1903
»	**Mende-Ernst, Theodor,** Dr. med.	Dreikönigstrasse 37	II	1883
»	**Mertens, Walter,** Gartenarchitekt	Asylstrasse 114	V	1910
»	**Messikommer, Heinrich,** Antiquar	Hechtplatz 1	I	1910
»	**Meyer-Schärer, Emil,** Dr. phil.	Seestrasse 84	II	1907
»	**Meyer-Fierz, Fritz,** Kaufmann	Zollikerstrasse 105	V	1910
»	**Meyer-Rüegg, Hans,** Dr. med.	Freiestrasse 116	V	1910
»	**Meyer-Hürlimann, Karl,** Dr. med.	Hottingerstrasse 20	V	1901
»	**Monakow, Konstantin von,** Dr., Prof. an der Universit.	Dufourstrasse 116	V	1887
»	**Müller, Albert,** Buchhändler	Nägelistrasse 9	V	1905
»	**Müller, Alexander,** cand. phil.	Kurhausstrasse 8	V	1911
Frl.	**Müller, Charlotte,** Dr. med.	Göthestrasse 10	I	1911
Hr.	**Müller, Fritz,** cand. jur.	Spyristrasse 4	IV	1911
»	**Muralt, Wilhelm von,** Dr. med.	Rämistrasse 18	V	1883
»	**Naef, Max,** Dr. med.	Signaustrasse	V	1910
»	**Nägeli, Otto,** Dr. med., Privatdozent an der Universit.	Fraumünsterstrasse 8	I	1902

	Name	Adresse		seit
Hr.	**Oswald, Adolf,** Dr. med., Privatdoz. an der Universit.	Gartenstrasse 24	II	1903
»	**Ott, Hans,** Leiter der Beustschule	Asylstrasse 57	V	1910
»	**Panchaud de Bottens, Adalbert,** Dr. phil.	Seefeldstrasse 33	V	1911
»	**Pestalozzi-Bürkli, Anton,** Dr. phil.	Löwenstrasse 21	I	1903
Frl.	**Peter, Margarethe,** Lehrerin	Sophienstrasse 23	V	1911
Hr.	**Pfeiffer, Paul,** Dr., Prof. an der Universität	Sonneggstrasse 82	IV	1901
»	**Prášil, Franz,** Dr., Prof. an der techn. Hochschule	Heuelstrasse 51	V	1894
»	**Quervain, Alfred August de,** Dr. phil., Privatdozent an beiden Hochschulen, Adjunkt der meteorologischen Zentral-Anstalt	Treichlerstrasse 3	V	1907
»	**Rahn, Konrad,** Dr. med.[1]	Winkelwies 5	I	**1854**
»	**Rascher, Max,** Buchhändler	Rathausquai 20	I	1905
»	**Raths, Jakob,** Sekundarlehrer	Streulistrasse 31	V	1897
»	**Reichinstein, David,** Dr. phil., Dipl.-Ing.	Bolleystrasse 43	IV	1911
»	**Reitz, Wilhelm,** Oberingenieur	Schipfe 29	I	1904
»	**Rikli, Martin,** Dr., Prof. an der techn. Hochschule	Brandschenkesteig 12	II	1894
»	**Ritter, Ulrich,** Prof. an der höhern Töchterschule	Bergheimstrasse 6	V	1911
»	**Ritzmann, Emil,** Dr. med.	Bahnhofstrasse 58	I	1889
»	**Rodari, Palmir,** Dr. med., Privatdoz. an der Universit.	Alpenstrasse 3	II	1911
»	**Rollier, Louis,** Dr., Privatdoz. an beiden Hochschulen	Culmannstrasse 36	IV	1905
»	**Roth, Otto,** Dr., Prof. an der techn. Hochschule	Engl. Viertel 54	V	1891
»	**Roth, Wilhelm,** Dr. med.	Plattenstrasse 34	V	1910
»	**Rothenhäusler, Oscar,** Apotheker, stud. med.	Gloriastrasse 70	V	1911
»	**Rothpletz, Gottlieb Friedrich,** Stadtgärtner	Belvoirpark	II	1903
Fr.	**Rotszaju, Sophie,** stud. phil.	Gladbachstrasse 65	V	1911
Hr.	**Rudio, Ferdinand,** Dr., Prof. an d. techn. Hochschule	Dolderstrasse 111	V	1881
»	**Rübel, Eduard,** Dr. phil.	Höschgasse 29	V	1903
»	**Rüeger, Armin,** Assistent am Herbarium Rübel	Eidmattstrasse 59	V	1911
»	**Rüst, Ernst,** Dr., Prof. an der Kantonsschule	Hadlaubstrasse 106	IV	1910
»	**Ruge, Georg,** Dr., Prof. an der Universität	Rigistrasse 35	IV	1898
»	**Rusterholz, Arnold,** Dr., Prof. an der Universität	Tödistrasse 52	II	1910
»	**Sauerbruch, Ferdinand,** Dr. med., Prof. a. d. Univ.	Freiestrasse 104	V	1911
»	**Schäppi, Theodor,** Dr. med. et phil.	Josephstrasse 67	III	1904
»	**Schärtlin, Georg Gottfried,** Dr., Direkt. d. Rentenanst.	Alpenquai 40	II	1894
»	**Schardt, Hans,** Dr., Prof. an beiden Hochschulen	Voltastrasse 18	V	1911
»	**Schaufelberger, Alfred,** Sekundarlehrer	Nordstrasse 64	IV	1910
»	**Schaufelberger, Wilhelm,** Dr.	Neue Beckenhofstr. 14	IV	1902
»	**Scheitlin, Walter,** Dr. med. vet.	Lessingstrasse 35	II	1911
»	**Schellenberg, Hans,** Dr. phil., Prof. an der techn. Hochschule	Hofstrasse 63	V	1895
»	**Schellenberg, Kaspar,** Dr. phil., Tierarzt	Hofstrasse 63	V	1896
»	**Scherrer, Otto,** Dr., Prof. an der Kantonsschule	Promenadengasse 12	I	1901
»	**Schindler, Konrad,** Dr. med.	Theaterstrasse 3	I	1907
»	**Schindler-Stockar, Dietrich,** Dr. jur., Rechtsanwalt	Rämistrasse 2	I	1911
»	**Schinz, Hans,** Dr., Prof. an der Universität	Seehofstrasse	V	1889
»	**Schläpfer-Rippstein, Friedrich,** Apotheker	Alte Beckenhofstr. 62	IV	1906
»	**Schlaginhaufen, Otto,** Dr., Prof. an der Universität	Bolleystrasse 52	IV	1904
»	**Schmid, Eduard,** Dr., Prof. an der Kantonsschule	Mutschellenstr. 197	II	1905

[1] Unser ältestes Mitglied.

	Name	Adresse		seit
Hr.	**Schmidt, Oscar,** Dr., Direkt. d. Akkumul.-Fabr. Oerlikon	Scheideggstrasse 35	II	1900
»	**Schoch-Etzensperger, Emil,** Dr. phil.	Zollikerstrasse 136	V	1898
»	**Schöller, Cäsar,** Dr. phil., Fabrikant	Zeltweg 34	V	1878
»	**Schöller, Walter,** stud. chem.	Zeltweg 34	V	1910
»	**Schoop, Max Ulrich,** Physiker	Hardturmstrasse 82	III	1912
»	**Schröter, Carl,** Dr., Prof. an der techn. Hochschule	Merkurstrasse 70	V	1878
»	**Schulthess-Schindler, Anton von,** Dr. med.	Kreuzbühlstrasse 16	V	1889
»	**Schulthess-Hünerwadel, Hans,** Verlags-Buchhändler	Cäcilienstrasse 5	V	1910
»	**Schulthess, Wilhelm,** Dr. med., Privatdoz. a. d. Univ.	Neumünsterallee 3	V	1893
»	**Schulze, Ernst,** Dr., Prof. an der techn. Hochschule	Ilgenstrasse 10	V	1872
»	**Schumacher, Emil,** Dr. med., I. Assistenzarzt an der chirurg. Klinik u. Privatdozent an der Universit.	Plattenstrasse 7	V	1911
»	**Schwarz, Emil,** Dr. med., Adjunkt des Bezirksarztes	Seidengasse 9	I	1910
»	**Schwarzenbach, Ernst,** Dr. med.	Stockerstrasse 32	II	1907
»	**Schweitzer, Alfred,** Dr., Prof. a. d. techn. Hochschule	Gladbachstrasse 33	V	1902
»	**Schweizer, Robert,** Dr. med.	Stadelhoferstrasse 15	V	1910
»	**Seelig, Karl,** Fabrikant	Mythenquai 4	II	1910
»	**Seiler, Ulrich,** Dr., Prof. an der Kantonsschule	Pestalozzistrasse 29	V	1901
»	**Seitz, Johann,** Dr. med.	Plattenstrasse 86	V	1874
»	**Siede, Walter,** gen. **de Haas,** Redaktor	Voltastrasse 30	V	1911
»	**Silberschmidt, William,** Dr. med., Prof. an der Univ.	Gemeindestrasse 25	V	1903
»	**Speckert, Joseph,** Dr. med.	Bahnhofstrasse 5	I	1912
»	**Sperber, Joachim,** Dr. phil., Fachlehrer	Büchnerstrasse 16	V	1898
»	**Spitteler, Adolf,** ehem. Beamter d. ind. Agricult.-Depart.	Mittelstrasse 20	V	1910
»	**Stähelin-Bächtold, Josef,** Kaufmann	Asylstrasse 77	V	1910
»	**Staub, Rudolf,** cand. geol.	Titlisstrasse 34	V	1911
Fr.	**Staub-Wagopoff, Sara,** cand. geol.	Titlisstrasse 34	V	1911
Hr.	**Staub, Walter,** Dr. sc. nat.	Spyristrasse 60	IV	1911
»	**Stäubli, Karl,** Dr. med.	Seestrasse 22	II	1903
»	**Standfuss, Max,** Dr., Prof. an der techn. Hochschule	Kreuzplatz 2	V	1889
»	**Stebler, Friedrich Gottlieb,** Dr., Direkt. d. agrikulturbot. Anstalt	Utoquai 43	V	1879
»	**Stebler, Karl,** Lehrer	Gladbachstrasse 76	V	1895
»	**Steiger, Adolf,** Dr. med.	Auf der Mauer 13	I	1905
»	**Steiner, Albert Karl,** Dr. med.	Apollostrasse 2	V	1910
»	**Stierlin, Hans,** Dr. phil., Prof. an der Kantonsschule	Eidmattstrasse 40	V	1910
»	**Stodola, Aurel,** Dr., Prof. a. d. techn. Hochschule	Freiestrasse 62	V	1894
»	**Stoll, Otto,** Dr., Prof. an der Universität	Klosbachstrasse 75	V	1875
»	**Stoppani, Giovanni Ambrosio,** Dr. med., Prof. an der Zahnarztschule der Universität	Bahnhofstrasse 27	I	1903
»	**Suter, Johann Jakob,** Dr. med.	Stockerstrasse 40	II	1910
»	**Täuber, Karl Paul,** Ingenieur	Rotbuchstrasse 32	IV	1910
»	**Thellung, Albert,** Dr. phil., Priv.-Doz. a. d. Univ.	Dufourstrasse 73	V	1911
»	**Tobler, Adolf,** Dr., Prof. a. d. techn. Hochschule	Winkelwiese 4	I	1873
»	**Treadwell, Paul Ferdinand,** Dr., Prof. a. d. techn. Hochschule	Bächtoldstrasse 15	IV	1894
»	**Tschulok, Sinai,** Dr., Fachlehrer für Naturwissensch.	Gloriastrasse 68	V	1909
»	**Ulrich, Alfred,** Dr. med., Leiter der Epilept. Anstalt	Südstrasse 150	V	1903
»	**Veraguth, Otto,** Dr. med., Privatdoz. a. d. Universität	Theaterstrasse 12	I	1903
»	**Vischer, Hans Rudolf,** stud. rer. nat.	Pension Sternwarte	V	1910

				seit
Hr.	**Vodoz, Jules,** Prof. am Gymnasium	Belsitostrasse 12	V	1910
»	**Volkart, Albert,** Dr., I. Assist. d. agrikulturbot. Anst.	Frohburgstrasse 67	IV	1900
»	**Wagener, Alexander,** Kaufmann	Bergstrasse 3	V	1910
»	**Weber, Emil,** Dr., Sek.-Lehrer	Holzestrasse 25	IV	1911
»	**Weber, Heinrich Friedrich,** Dr., Prof. an der techn. Hochschule	Haldenbachstrasse 31	IV	1875
»	**Wegmann, Gustav,** Ingenieur	Hofstrasse 132	V	1898
»	**Wehrli, Hans,** Dr., Prof. an der Universität	Kurhausstrasse 11	V	1903
»	**Wehrli, Leo,** Dr., Prof. a. d. höh. Töchterschule	Hochstrasse 60	V	1895
»	**Weiss, Pierre,** Dr., Prof. an der techn. Hochschule	Rigistrasse 14	IV	1902
»	**Weissenbach-Griffin, Werner,** Ingenieur	Lavaterstrasse 57	II	1910
»	**Wenk, Ernst,** Dr., Direktor des Institutes Erika	Rötelstrasse 55	IV	1888
»	**Werner, Alfred,** Dr., Prof. an der Universität	Freiestrasse 111	V	1892
»	**Wettstein, Ernst,** Dr., Prof. an der Kantonsschule	Zürichbergstrasse 58	V	1904
»	**Wettstein, Walter,** Sekundarlehrer	Birmensdorferstrasse 221	III	1893
»	**Wiesmann, Theodor,** Sekundarlehrer	Hegibachstrasse 28	V	1907
»	**Wild, Oscar,** Dr. med.	Steinwiesstrasse 31	V	1911
»	**Wild-Schläpfer, Felix,** Direkt. b. Orell Füssli & Comp.	Seewartstrasse 28	II	1903
»	**Willstätter, Richard,** Dr., Prof. a. d. techn. Hochschule	Bergstrasse 25 [1]	V	1905
»	**Winterstein, Ernst,** Dr., Prof. a. d. techn. Hochschule	Physikstrasse 4	V	1893
»	**Wolfer, Alfred,** Dr., Prof. an beiden Hochschulen	Sternwarte	V	1880
»	**Wreschner, Arthur,** Dr., Prof. a. d. Universität und Privatdozent an der techn. Hochschule	Goldauerstrasse 40	IV	1906
»	**Wünsche, Fritz,** cand. phil.	Voltastrasse 32	V	1911
»	**Wyder, Theodor,** Dr., Prof. an der Universität	Eleonorenstrasse 2	V	1910
»	**Wyss, Max Oscar,** Dr. med.	Seefeldstrasse 23	V	1910
»	**Wyss, Oscar,** Dr., Prof.	Kilchbergstrasse 85	II	1883
»	**v. Wyss-Schindler, Wilhelm,** Dr. phil., Rektor der höhern Töchterschule	Hirschengraben 4	I	1911
»	**Zangger, Heinrich,** Dr., Prof. an der Universität	Stadthausquai 1	I	1904
»	**Zeller, Heinrich,** Dr. jur., Rechtsanwalt	Hofstrasse 136	V	1903
»	**Zermelo, Ernst,** Dr., Prof. an der Universität	Schönberggasse 9	I	1911
»	**Zietzschmann, Otto,** Dr., Prof. an der Universität	Nordstrasse 64	IV	1907
»	**Zölly-Veillon, Heinrich,** Ingenieur	Brunaustrasse 42	II	1910
»	**Zollinger-Jenny, Ernst,** Fabrikant	Bellariastrasse 57	II	1884
»	**Zschokke, Bruno,** Privatdoz. a. d. techn. Hochschule	Leonhardstrasse 15	IV	1906
»	**Zschokke, Erwin,** Dr., Prof. an der Universität	Selnaustrasse 36	I	1889
»	**Zürcher, Ernst,** Buchdrucker	Brunngasse 2	I	1906
»	**Zürcher, Johann Friedrich**	Bolleystrasse 42	IV	1910
»	**Zürcher, Leo,** Dr. phil., Bibliograph	Rütistrasse 52	V	1911

B. In der Schweiz, aber ausserhalb Zürichs wohnend.

			seit
Hr.	**Amez-Droz, Henri,** Ingenieur bei der S. B. B.	Zollikon	1910
»	**Bachmann, Hans,** Dr., Prof. an der Kantonsschule	Luzern	1897
»	**Baragiola, Wilhelm Italo,** Abteilungsvorstand der Schweiz. Versuchsanstalt, Privatdozent a. d. techn. Hochschule	Wädenswil	1911
»	**Baumann, Eugen,** Dr. phil., Botaniker	Stein am Rhein	1910
»	**Beglinger, Johann,** Fabrikant	Wetzikon	1902
»	**Behn-Eschenburg, Hans,** Dr. phil., Direktor	Oerlikon	1910

[1]) Siedelt im Herbst nach Dahlem b. Steglitz bei Berlin über.

			seit
Hr.	**Biber, Hugo,** Dr. med.	Horgen	1910
»	**Biber, Walter,** Sekundarlehrer	Thalwil	1910
»	**Blattmann-Ziegler, Heinrich,** Fabrikant	Wädenswil	1911
»	**Bloch, Isaak Adolf,** Dr., Prof. an der Kantonsschule	Solothurn	1895
»	**Bloch, Otto,** Dr., Ingenieur, Experte beim eidg. Patent-Amt	Bern	1912
»	**Bosshard, Heinrich,** Dr., Prof. an der Kantonsschule	Höngg b. Zch.	1892
»	**Bührer, Jean Christian,** Apotheker	Clarens	1893
»	**Burri, Robert,** Dr., Prof., Abteil.-Vorst. d. eidg. Versuchsstat.	Liebefeld-Bern	1896
»	**Burri, Franz Xaver,** Forstinspektor der Gotthardbahn	Luzern	1900
»	**Claraz, Georg**	Lugano	1894
»	**Denzler, Wilhelm,** Ingenieur	Küsnacht b. Zch.	1892
»	**Du Pasquier, Gustav,** Dr., Prof. an der Universität	Neuchâtel	1907
»	**Dürst, Ulrich,** Dr., Prof. an der Universität	Bern	1899
»	**Dürsteler, Wilhelm,** Dr., Chemiker	Thalwil	1910
»	**Egli, Max,** Dr., Prof., Lehrer für Mathematik	Herrliberg	1910
»	**Erb, Josef,** Dr.	Suhr, Aargau	1899
»	**Felix, Florian,** Dr., Arzt	Wädenswil	1910
»	**Frey, Hans,** Dr. phil., Prof. am Seminar	Küsnacht b. Zch.	1896
»	**Gamper, Eduard,** Apotheker	Winterthur	1890
»	**Geiser, Karl Friedrich,** Dr., Prof. a. d. techn. Hochschule	Küsnacht b. Zch.	1883
»	**Gerlach, Rudolf,** Dr., Prof. am Seminar	Küsnacht b. Zch.	1905
»	**Gramann, August,** Dr. phil., Bezirkslehrer	Elgg, Kt. Zch.	1899
»	**Grisch, Andreas,** Dr., Assist. a. d. agrikulturbotan. Anstalt	Oerlikon	1907
»	**Guggenheim, William,** Kaufmann	Baden, Aargau	1910
»	**Günthart, Emil August,** Dr. phil., Privatdozent an der techn. Hochschule	Meilen [1]	1910
»	**Halperin, Jakob,** Dr. med.	Uster	1910
»	**Hauri, Hans,** Dr. phil., Fridericianum	Davos	1911
»	**Hefti, Paul,** Forstmeister	Bülach	1910
»	**Hess, Walter,** Dr. med.	Rapperswil a. See	1912
»	**Holliger, Wilhelm,** Dr., Seminarlehrer	Wettingen	1896
»	**Huber, Hermann,** Ingenieur	Männedorf	1900
»	**Huber, Max,** Dr., Prof. der Rechte an der Universität	Schloss Wyden b. Ossingen	1910
»	**Imhof, Othmar Emil,** Dr.	Königsfelden-Brugg	1882
»	**Jenny-Tschudi, Daniel,** Fabrikant	Glarus	1911
»	**Keer, Arnold,** Chemiker	Kilchberg b. Zch.	1910
»	**Keller, Emil,** Dr. med.	Küsnacht b. Zch.	1910
»	**Keller, Konrad,** Landwirt	Oberglatt	1902
»	**Kienast, Alfred,** Dr., Privatdozent a. d. techn. Hochschule	Küsnacht b. Zch.	1905
»	**Kœlsch, Adolf,** Dr., naturwiss. Schriftsteller	Kilchberg b. Zch.	1910
»	**Kopp, Robert,** Dr., Prof. an der Kantonsschule	St. Gallen	1896
»	**Künzli, Emil,** Dr., Prof. an der Kantonsschule	Solothurn	1901
»	**Kunz, Carl,** Sekundarlehrer	Schlieren	1911
»	**Leuzinger, Rudolf,** Vorsteher der kant. Mädchen-Erz.-Anst.	Mollis	1909
»	**Mauderli, Sigmund,** Dr., Prof.	Solothurn	1908
»	**Meister, Friedrich,** Sekundarlehrer	Horgen	1893
»	**Mühlberg, Friedr.,** Dr. Prof.	Aarau	1912
»	**Müller-Thurgau, Hermann,** Dr., Direkt. d. Schw. Versuchsanst.	Wädenswil	1891

[1]) Siedelt im Herbst nach Leipzig über.

			seit
Hr.	**Oppliger, Fritz,** Dr., Prof. am Seminar	Küsnacht b. Zch.	1893
»	**Osterwalder, Adolf,** Dr., Adjunkt a. d. Schw. Versuchsanst.	Wädenswil	1903
»	**Pünter, Albert,** Sekundarlehrer	Uster	1910
Frl.	**Pfister, Martha,** Lehrerin	Oerlikon	1911
Hr.	**Ris, Friedrich,** Dr., Direktor der Pflegeanstalt	Rheinau	1892
»	**Schneider-von Orelli, Otto,** Dr. phil., Assist. a. d. Schw. Versuchsanst.	Wädenswil	1910
»	**Schwerz, Franz,** Dr., Anatomie	Bern	1911
»	**Stadler, Salomon,** Prof. Dr.	Zug	1883
»	**Staub-Elmenhorst, Bernhard,** Kaufmann	Zollikon	1910
»	**Staub, Johann,** Dr., Lehrer am Seminar	Luzern	1904
»	**Stauffacher, Heinrich,** Dr., Prof. an der Kantonsschule	Frauenfeld	1893
»	**Steiger, Karl,** Kunstmaler	Kilchberg b. Zch.	1910
»	**Steiner, Gotthilf,** Dr., Gymnasial-Lehrer	Thalwil	1911
»	**Steiner, Alfred,** Dr., Gymnasiallehrer	Bern	1910
»	**Suter, Heinrich,** Dr., Prof. an der Kantonsschule	Küsnacht b. Zch.	1871
»	**Trueb, Reinhold,** Ingenieur, Fabrikant	Hombrechtikon	1911
»	**Usteri, Alfred,** Dr., Sekundarlehrer ständige Adresse:	Gloriastrasse 64	1910
Frl.	**Wachter, Ida,** Sekundarlehrerin	Feldmeilen	1910
Hr.	**Wartenweiler, Traugott,** Sekundarlehrer	Oerlikon	1895
»	**Wiederkehr, Rudolf,** Sekundarlehrer	Oberrieden b. Zch.	1910
»	**Wittenbach, F. von,** Dr.	Lausanne	1907
»	**Wyss, Eduard v.,** prakt. Arzt	La Chaux-de-Fonds	1910
»	**Wyssling, Walter,** Dr., Prof. an der techn. Hochschule	Wädenswil	1893
»	**Zschokke, Theod.,** Obstbautechniker a. d. eidg. Versuchsanstalt für Wein-, Obst- und Gartenbau	Wädenswil	1912
»	**Zuberbühler, Arnold,** a. Sekundarlehrer	Bern	1892
»	**Zuppinger, Emil,** Fabrikant	Wallisellen	1892

IX.

Auswärtige Mitglieder.

Ausserhalb der Schweiz wohnend.

Hr.	**Adler, Friedr.,** Physiker	Wien	
»	**Bohbeck, Kasimir,** Prof.	Przemysl. Galiz.	1894
»	**Bitterli, Emil,** Ing. Comp. génér. de l'Electr.	Paris	1910
»	**Bühler, Anton,** Dr., Prof. an der Universität	Tübingen	1882
»	**Burkhardt, Heinrich,** Dr., Prof. an der techn. Hochschule	München	1897
»	**Culmann, Paul,** Dr.	Paris	1885
»	**Disteli, Martin,** Dr., Prof. an der techn. Hochschule	Karlsruhe	1892
»	**Dörr, Karl,** Dr. med.	Frankfurt a. M.	1896
»	**Driesch, Hans,** Dr.	Heidelberg	1892
»	**Eggeling, Heinrich,** Dr. med., Prof. an der Universität	Jena	1888
»	**Emden, Robert,** Dr., Prof. an der techn. Hochschule	München	1888
»	**Ernst, Paul,** Dr. med., Prof. an der Universität	Heidelberg	1901
»	**Escher, Berend,** Dr. sc. nat., Assist. a. Geol. Min. Inst. d. Univ.	Amsterdam	1910
»	**Frey, Max von,** Dr. med., Prof. an der Universität	Würzburg	1898

			seit
Hr.	**Gogarten, Emil,** Dr. geol.	Borneo	
»	**Goldschmidt, Heinrich,** Dr., Prof. an der Universität	Christiania	1881
»	**Grandmougin, Eugène,** Dr., Prof.		1905
Frl.	**Hallmann, Amalie**	Bremen	1910
Hr.	**Hegi, Gustav,** Dr., Prof. an der Universität	München	1903
»	**Herbst, Kurt,** Dr.	Heidelberg	1892
»	**Heubner, Wolfgang,** Dr. med.	Göttingen	1905
»	**Höber, Rudolf,** Dr. med., Prof. an der Universität	Kiel	1889
»	**Holland,** Dr., Direktor des Carnegie Museums	Pittsburg	1910
»	**Jordan, Hermann,** Dr., Privatdozent an der Universität	Tübingen	1903
»	**Lorenz, Richard,** Dr., Prof.	Frankfurt a. M.	1897
»	**Martin, Paul,** Dr., Prof. an der Universität	Giessen	1889
»	**Martin, Rud.,** Prof. Dr.		
»	**Maurizio, Adam,** Dr., Prof. am Polytechnikum	Lemberg	1902
»	**Messerschmitt, Johann Baptist,** Dr., Prof. an der Universität	München	1889
»	**Mollison, Theod.,** Anthropol. Museum	Dresden	1905
»	**Overton, Ernst,** Dr., Prof. an der Universität	Stockholm	1890
»	**Pfister, Rudolf,** Dr.	Lyon	1890
»	**Ribbert, Hugo,** Dr. med., Prof. an der Universität	Bonn	1893
»	**Rose, Edmund,** Dr. med., Prof. an der Universität	Berlin	1868
»	**Rothpletz, August,** Dr., Prof. an der Universität	München	1880
»	**Schall, Karl,** Dr., Prof. an der Universität	Leipzig	1889
»	**Schmidt, Ehrhardt,** Dr., Prof. an der Universität	Marburg	1908
»	**Schottky, Friedrich,** Dr., Prof. an der Universität	Berlin	1883
»	**Stickelberger, Ludwig,** Dr., Prof. an der Universität	Freiburg i. Baden	1874
»	**Stix, Oswald,** Dr., Ingenieur	Wien	1908
»	**Strohl, Hans,** Dr. phil., zool. Station	Neapel	1907
»	**Swellengrebel, Nicolaus Hendrik,** Dr. phil., Pr.-Doz. a. d. Univ.	Amsterdam	1908
»	**Swerinzew, Leonidas,** Dr.	Petersburg	1892
»	**Tolwinsky, Constantin,** Dr. phil., Geologe	Sumatra	1911
»	**Vöge, Adolf,** Bibliograph	Amerika	1908
»	**Weber, Friedr.,** Dr. Geolog.	Timor	1904
»	**Wild, Paul Friedrich**	München	1894
»	**Wundt, Wilhelm,** Dr. med., Prof. an der Universität	Leipzig	1874
»	**Zschokke, Achilles,** Dr., Direktor der Weinbauschule	Neustadt Pfalz	1890

X.

Vorstand und Kommissionen.

Vorstand.

Präsident:	Hr.	**Schröter, Carl,** Dr., Prof.	1910
Vizepräsident:	»	**Huber-Stockar, Emil,** Ingenieur	1910
Sekretär:	»	**Schoch-Etzensperger, Emil,** Dr.	1906
Quästor:	»	**Kronauer, Hans,** Dr., Mathem. der Rentenanstalt	1887
Bibliothekar:	»	**Schinz, Hans,** Dr., Prof.	1892
Beisitzer:	»	**Standfuss, Max,** Dr., Prof.	1910
»	»	**Egli, Karl,** Dr., Prof.	1910

Druckschriften-Kommission.

		seit
Präsident:	Hr. **Rudio, Ferdinand,** Dr., Prof.	1894
Mitglieder:	» **Heim, Albert,** Dr., Prof.	1894
	» **Schröter, Carl,** Dr., Prof.	1911

Engere Bibliotheks-Kommission (Fachbibliothekare).

Präsident: Hr. **Schinz, Hans,** Dr., Prof.
Mitglieder: » **Martin, Rudolf,** Dr., Prof.
» **Bretscher, Konrad,** Dr.
» **Aeppli, August,** Dr., Prof.
» **Beck, Alexander,** Dr., Prof.
» **Pfeiffer, Paul,** Dr., Prof.
» **Arbenz, Paul,** Dr., Privatdozent.

Die weitere Bibliotheks-Kommission besteht aus dem Präsidenten der Gesellschaft, den Fachbibliothekaren und den Herren:

Keller, Konrad, Dr., Prof.
Rudio, Ferdinand, Dr., Prof.
Schröter, Carl, Dr., Prof.
Weber, Heinrich Friedrich, Dr., Prof.
Werner, Alfred, Dr., Prof.
Field, Herbert Haviland, Dr., Direktor des Concilium Bibliographicum.
Rikli, Martin, Dr., Prof.

Abwart: Hr. **Koch, Hans Heinrich,** Rämistrasse 44; gewählt 1882.

Rekapitulation.

	auf 13. März 1911	auf 20. März 1912
I. **Ehrenmitglieder**	13	13
II. **Korrespondierende Mitglieder**	1	3
III. **Ordentliche Mitglieder**		
A. In Zürich wohnend	303	314
B. Ausserhalb Zürichs wohnend	66	79
IV. **Auswärtige Mitglieder**	39	49
	422	458







